

**T.C.  
HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI DİENOFİLLERİN BOYA ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Gediz UĞUZ**

**DOKTORA TEZİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Satılmış BASAN**

**NİSAN 2019  
ÇORUM**

**FARKLI DIENOFİLLERİN BOYA ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Gediz UĞUZ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

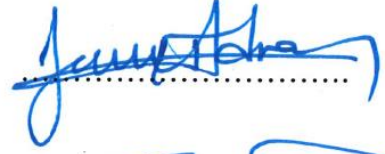
**Doktora Tezi**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Satılmış BASAN**

**Çorum 2019**

Gediz UĞUZ tarafından hazırlanan “Farklı Dienofillerin Boya Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 01/03/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur Adnan SEVİL



Prof. Dr. Satılmış BASAN



Doç. Dr. Feza GEYİKÇİ



Dr. Öğretim Üyesi Erdal KARADURMUŞ



Dr. Öğretim Üyesi Berker FIÇICILAR



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/05/2019 tarihli ve 2019/91 sayılı kararı ile Gediz UĞUZ'un Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora derecesi alması onanmıştır.



Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.



*Gediz Uğuz*

Gediz UĞUZ

# FARKLI DİENOFİLLERİN BOYA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Gediz UĞUZ

HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2019

## ÖZET

Bu çalışmada reaktif seyrelticiler, metakriloksipoltrimetoksisilan (MAS), 2,2,2-trifloroetil metakrilat (TFEM), Triallil eter akrilat (TAEA) olmak üzere üç farklı dienofil türünün aspir yağı ile verdiği Diels-Alder tepkimeleri sonucu sentezlenmiştir. Sentezlenen reaktif seyrelticiler, farklı oranlarda soya yağı bazlı alkid reçine, ıslatıcı ve kurutucu maddeler ile karıştırılarak oniki farklı boya formülasyonu elde edilmiştir. Elde edilen boya örneklerinin ısısal, yapısal, viskoelatik ve mekanik özellikleri sırasıyla termogravimetrik analiz (TGA), taramalı elektron mikroskobu (SEM), dinamik mekanik analiz (DMA) ve diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve Universal malzeme test cihazı ile incelenmiştir ve viskozite, kuruma süresi, kavlama derecesi (yapışma), film kalınlığı ve parlaklık gibi film özellikleri test edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alkid, aspir, boya, Diels-Alder, dienofil, reaktif seyreltici

# INVESTIGATIONS OF THE EFFECTS OF DIFFERENT DIENOPHILES ON DYE PROPERTIES

Gediz UĞUZ

HİTİT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

March 2019

## ABSTRACT

In this study, reactive diluents were synthesized by Diels-Alder reactions of three different dienophil species with methacryloxypropyl trimethoxysilane (MAS), 2,2,2-trifluoroethyl methacrylate (TFEM), triallil ether acrylate (TAEA) and safflower. The synthesized reactive diluents were mixed with different proportions of soybean oil based alkyd resin, wetting and drying agents to produce twelve different dye formulations. The thermal, structural, viscoelastic and mechanical properties of the dye samples were analyzed by thermogravimetric analysis (TGA), scanning electron microscope (SEM), dynamic mechanical analysis (DMA) and differential scanning calorimetry (DSC) and Universal material testing, and viscosity. Film properties such as drying time, degree of adhesion, film thickness and gloss were tested.

**Keywords :** Alkyd, Diels-Alder, dienophil, dye, reactive diluent, safflower

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve bu tezin hazırlanması sırasında her türlü bilgi ve değerli fikir, tavsiye ve yardımlarını, en önemlisi zamanını benden esirgemeyen, kişisel birikimi ile bana yön veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Satılmış BASAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bizim için her türlü zorluğa katlanan çok değerli canım annem Şemsinur UĞUZ ve canım babam Hayati UĞUZ'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında her zaman yanımda olan biricik abim Mimar Mustafa UĞUZ ve canımın içi çok kıymetli ikiz kız kardeşim Çevre Yüksek Mühendisi Sinem KAYA'ya teşekkür ederim. Ayrıca ailemize katılan kız kardeşimin eşi çok kıymetli eniştem Serhan KAYA'ya çok teşekkür ederim. Biricik yeğenim Korhan KAYA'nın da gözlerinden öperim.

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca bilgi ve desteklerini benden esirgemeyen ve emekleri geçen çok kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Uğur Adnan SEVİL, Sayın Doç. Dr. Feza GEYİKÇİ'ye, Sayın Dr. Öğretim Üyesi Erdal KARADURMUŞ'a ve Sayın Dr. Öğretim Üyesi Berker FIÇICILAR'a teşekkürü borç bilirim.

Bunun yanı sıra, test ve analizlerin yapılmasında destek veren Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON'a teşekkür ederim.

Beni hedeflerime ulaşmam için iş ve eğitim yaşamım boyunca her zaman manevi olarak destekleyen Gümüş Grup Yönetim Kurulu Üyesi çok kıymetli Sayın Hüseyin ALIŞ'a teşekkürü borç bilirim.

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimim ve iş yaşamım boyunca benden desteğini esirgemeyen Esen Grup Yönetim Kurulu Başkanı çok kıymetli sayın Önder ESEN'e şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince manevi olarak desteklerini esirgemeyen yakın arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Makine Yüksek Mühendisi Kadir KAYA'ya, Araştırma Görevlisi Makine Yüksek Mühendisi Erkan ÖZTÜRK'e ve Makine Mühendisliği bölümü Dr. Öğr. Üyesi Kürşat GÜLTEKİN'e şükranlarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmaları sırasında desteğini aldığım, Kimyager Serkan YILDIZ'a Kimya Yüksek Mühendisi Nur TAŞKIN'a ve Yüksek Lisans Öğrencisi Büşranur DUMAN'a ayrıca teşekkür ederim.





**Bu tez çalışmasına, FBE19004.17.002 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xviii
RESİMLER DİZİNİ.....	xxix
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xxx
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER .....	4
2.1. Boyaların Tanımı ve Özellikleri.....	4
2.1.1. Boya nedir? .....	4
2.1.2. Boyaların sınıflandırılması.....	4
2.1.3. Boya bileşenleri.....	4
2.1.4. Boya sanayi terimleri .....	10
2.2. Yağların Tanımı ve Özellikleri.....	11
2.2.1. Yağ tanımı.....	11
2.2.2. Yağ asitleri .....	11
2.2.3. Yağ asitlerinin sınıflandırılması.....	12
2.2.4. Yağların sınıflandırılması .....	16

**Sayfa**

2.3. Diels-Alder Tepkimeleri.....	18
2.3.1. Diels-Alder tepkimelerinin özellikleri .....	18
2.3.2. Diels-Alder tepkimelerindeki dien bileşeni .....	19
2.3.3. Diels-Alder tepkimelerindeki dienofil bileşeni.....	20
2.4. Aspir Yağı ve Özellikleri .....	20
2.5. Alkid Reçineler .....	22
2.5.1. Alkid reçine tanımı.....	22
2.5.2. Alkid reçinelerin boya kullanımında üstünlükleri .....	23
2.5.3. Alkid reçine çeşitleri .....	23
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	25
4. MATERYAL VE YÖNTEM .....	30
4.1. Tez Çalışmasının Amacı .....	30
4.2. Tez Çalışmasında Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	31
4.3. Tez Çalışmasında Kullanılan Malzemeler .....	32
4.4. Reaktif Seyreltici Hazırlama Deney Düzenegi .....	33
4.5. Deneylerin Yapılması.....	34
4.5.1. Reaktif seyreltici hazırlama .....	34
4.5.2. Reaktif seyrelticili soya yağı bazlı alkid ile boya hazırlanması.....	37
4.5.3. Reaktif seyrelticili boya filmi hazırlanması .....	38
4.6. Tez Çalışmasında Kullanılan Karakterizasyon Yöntemleri .....	38
4.6.1. Gaz kromatografisi (GC) yöntemi .....	39
4.6.2. Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemi.....	40
4.6.3. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) yöntemi .....	41

**Sayfa**

4.6.4. Nükleer manyetik rezonans (NMR) yöntemi .....	41
4.6.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yöntemi .....	41
4.6.6. Dinamik mekanik analiz (DMA) yöntemi .....	42
4.6.7. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) yöntemi .....	42
4.6.8. Mekanik test yöntemi .....	43
4.7. Tez Çalışmasında Kullanılan Test Yöntemleri .....	43
4.7.1. Viskozite ölçüm yöntemi .....	43
4.7.2. Kuruma süresi ve derecesi tespit yöntemi .....	44
4.7.3. Film kalınlığı ölçüm yöntemi .....	45
4.7.4. Parlaklık kontrolü .....	45
4.7.5. Kavlama derecesi (yapışma) tespit yöntemi .....	45
4.7.6. Kalem sertliği yöntemi .....	46
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....	47
5.1. Aspir Yağının Özelliklerinin İncelenmesi .....	47
5.1.2. Aspir yağının gaz kromatografisi (GC) sonuçları .....	47
5.1.3. Aspir yağının termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları .....	48
5.1.4. Aspir yağının diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları .....	49
5.1.5. Aspir yağının fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) sonuçları .....	50
5.1.6. Aspir yağının nükleer manyetik rezonans (NMR) sonuçları .....	51
5.2. Reaktif Seyrelticilerin Özelliklerinin İncelenmesi .....	52
5.2.1. AYMAS, AYTREM ve AYTAEA'nın fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) sonuçları .....	52

**Sayfa**

5.2.2. AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA'nın nükleer manyetik rezonans (NMR) sonuçları.....	53
5.3. Reaktif Seyreltilmiş Boya Filmi Örneklerinin Isısal, Yapısal, Viskoelastik, Mekanik, Viskozite ve Film Özelliklerinin İncelenmesi .....	56
5.3.1. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin ısısal özelliklerinin incelenmesi .....	56
5.3.2. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin yapısal özelliklerinin incelenmesi .....	109
5.3.3. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin viskoelastik özelliklerinin incelenmesi.....	110
5.3.4. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) yöntemi ile viskoelastik özelliklerinin incelenmesi.....	110
5.3.5. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin malzeme test cihazı ile yöntemi ile mekanik özelliklerinin incelenmesi .....	122
5.4. Reaktif seyreltilmiş boya örneklerinin viskozitelerinin incelenmesi .....	131
5.5. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin film özelliklerinin belirlenmesi.....	136
5.5.1. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	136
5.5.2. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	136
5.5.3. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	137
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	143
ÖZGEÇMİŞ .....	148
KAYNAKLAR .....	150

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. 1933 yılında Etibank tarafından kurulmuş başlıca tesisler .....	1
Çizelge 2.1. Boyaların sınıflandırılması.....	4
Çizelge 2.2. Yaygın olarak kullanılan bağlayıcılar ve kullanım alanları .....	7
Çizelge 2.3. Zincir uzunluklarına göre doymuş yağ asitleri (Anonim, 2008).....	13
Çizelge 2.4. Karbon sayılarına göre yağ asitleri (Anonim, 2008) .....	13
Çizelge 2.5. Karbon sayılarına göre doymamış yağ asitleri (Anonim, 2008).....	15
Çizelge 2.6. Ek gruplu yağ asitleri (Anonim, 2008) .....	15
Çizelge 2.7. Halka yapılı yağ asitleri (Anonim, 2008) .....	16
Çizelge 2.8. Aspir yağının yağ asiti bileşimi (Eryılmaz ve ark., 2014) .....	21
Çizelge 4.1. Tez çalışmasında kullanılan kimyasallar .....	32
Çizelge 4.2. Tez çalışmasında kullanılan malzemeler .....	33
Çizelge 4.3. MAS, TFEM ve TAEA dienofillerinin özellikleri.....	34
Çizelge 4.4. Boya örneklerinin tanımlanması, içerikleri ve miktarları .....	37
Çizelge 4.5. Kristallenme sıcaklığı için DSC analiz yöntemi .....	43
Çizelge 4.6. Camsı geçiş sıcaklığı için DSC analiz yöntemi .....	43
Çizelge 5.1. Aspir yağının yağ asidi bileşimi .....	47
Çizelge 5.2. Aspir yağının dalga sayısına ( $\text{cm}^{-1}$ ) karşı absorban pikleri .....	50
Çizelge 5.3. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin T <sub>b</sub> , T <sub>y</sub> , T <sub>m</sub> , T <sub>s</sub> , R <sub>m</sub> , W <sub>m</sub> ve R <sub>500</sub> değerleri .....	67
Çizelge 5.4. Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin T <sub>b</sub> , T <sub>y</sub> , T <sub>m</sub> , T <sub>s</sub> , R <sub>m</sub> , W <sub>m</sub> ve R <sub>500</sub> değerleri .....	67
Çizelge 5.5. Azot ortamında SYA boya filmi örneğine Freeman-Carroll yönteminin uygulanması .....	73

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 5.6. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Caroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ , ve $R^2$ değerleri.....	75
Çizelge 5.7. Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Caroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ , ve $R^2$ değerleri.....	76
Çizelge 5.8. Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$ ve $R_{500}$ değerleri.....	86
Çizelge 5.9. Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$ ve $R_{500}$ değerleri.....	86
Çizelge 5.10. Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Caroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ ve $R^2$ değerleri.....	91
Çizelge 5.11. Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Caroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ ve $R^2$ değerleri.....	92
Çizelge 5.12. Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$ ve $R_{500}$ değerleri.....	102
Çizelge 5.13. Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$ ve $R_{500}$ değerleri.....	102
Çizelge 5.14. Azot ortamında AYTAEA boya filmi örneklerinin Fremann-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ ve $R^2$ değerleri.....	107
Çizelge 5.15. Hava ortamında AYTAEA boya filmi örneklerinin Fremann-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre $E_A$ , $n$ , $A$ ve $R^2$ değerleri.....	108
Çizelge 5.16. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ , $\epsilon^{**}$ , $\tan\delta$ , $T_g$ , $v_e$ değerleri .....	111
Çizelge 5.17. SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ , $\epsilon^{**}$ , $\tan\delta$ , $T_g$ , $v_e$ değerleri.....	114
Çizelge 5.18. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ , $\epsilon^{**}$ , $\tan\delta$ , $T_g$ ve $v_e$ değerleri.....	117

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 5.19. AYMAS-SYA film örneklerinin camsı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması ....	119
Çizelge 5.20. AYTFEM-SYA film örneklerinin camsı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması ....	119
Çizelge 5.21. AYTAEA-SYA film örneklerinin camsı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması ....	120
Çizelge 5.22. AYMAS-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları .....	131
Çizelge 5.23. AYTFEM-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları .....	131
Çizelge 5.24. AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları .....	132
Çizelge 5.25. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	136
Çizelge 5.26. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	137
Çizelge 5.27. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi .....	137
Çizelge 5.28. Boya filmi örneklerinin kuruma dereceleri .....	138
Çizelge 5.29. AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya film örneklerinin kalınlığı .....	139
Çizelge 5.30. AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin parlaklık kontrolü .....	140
Çizelge 5.31. AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA film örneklerinin kavlama dereceleri (yapışma) .....	141
Çizelge 5.32. AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA film örneklerinin kalem sertliği sonuçları .....	142



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Boyaların kullanım alanlarına göre dağılımı (Anonim, 2012b).....	2
Şekil 2.1. Boya bileşenleri (Anonim 2016).....	5
Şekil 2.2. Yağ oluşumu tepkimesi (Matharage ve ark., 2013).....	11
Şekil 2.3. Yağ asitlerinin yapısı (Anonim, 2008).....	12
Şekil 2.4. Yağ asitlerinin sınıflandırılması (Anonim, 2008).....	12
Şekil 2.5. Doymuş yağ asitlerinin yapısı (Anonim, 2008).....	13
Şekil 2.6. Doymamış yağ asitlerinin yapısı (Anonim, 2008).....	14
Şekil 2.7. Monodoymamış yağ asiti ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ ) (Anonim,2008).....	14
Şekil 2.8. Polidoymamış yağ asitleri (Anonim, 2008).....	14
Şekil 2.9. a) Hidnokarpik asit b) Şolmogrik asit c) Prostanoid asit (Anonim, 2008).....	16
Şekil 2.10. İçerdikleri yağ asitlerine göre yağlar (Anonim, 2008).....	17
Şekil 2.11. Diels-Alder tepkimesi (Sar, 2008).....	19
Şekil 2.12. Dienin uzaysal yönelimi (Sar, 2008).....	19
Şekil 2.13. Dien yapısı örnekleri (Sar, 2008).....	20
Şekil 2.14. Dienofil yapısı örnekleri (Sar, 2008).....	20
Şekil 4.1. a) MAS b) TFEM ve c) PETAE dienofillerinin kimyasal yapısı.....	34
Şekil 4.2. Aspir yağının siloksan fonksiyonel grubu ile sentez tepkimesi (AYMAS).....	35
Şekil 4.3. Aspir yağının florür fonksiyonel grubuyla sentezlenmesi (AYTFEM).....	36
Şekil 4.4. Aspir yağının allil eter fonksiyonel grubu sentezlenmesi (AYTAEA).....	37

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.1. Aspir yağının TGA ve DTGA eğrisi.....	48
Şekil 5.2. Aspir yağının DSC eğrisi .....	49
Şekil 5.3. Aspir yağının dalga sayısına ( $\text{cm}^{-1}$ ) karşı absorbands spektrumu.....	50
Şekil 5.4. Aspir yağının C-NMR spektrumu.....	51
Şekil 5.5. Aspir yağının H-NMR spektrumu .....	52
Şekil 5.6. Aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA'ın dalga sayısına ( $\text{cm}^{-1}$ ) karşı absorbands spektrumu .....	53
Şekil 5.1. Aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAE için C-NMR spektrumu.....	45
Şekil 5.2. Aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAE için H-NMR spektrumu.....	46
Şekil 5.9. SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri .....	58
Şekil 5.10. SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması.....	58
Şekil 5.11. AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	59
Şekil 5.12. AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	59
Şekil 5.13. AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	60
Şekil 5.14. AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	60
Şekil 5.15. AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	61
Şekil 5.16. AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	61
Şekil 5.17. AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	62

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.18. AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	62
Şekil 5.19. AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	63
Şekil 5.20. AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	63
Şekil 5.21. AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	64
Şekil 5.22. AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	64
Şekil 5.23. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	65
Şekil 5.24. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	65
Şekil 5.25. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	66
Şekil 5.26. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	66
Şekil 5.27. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi.....	67
Şekil 5.28. Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi .....	68
Şekil 5.29. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	68
Şekil 5.30. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	69

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.31. Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	70
Şekil 5.32. Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	70
Şekil 5.33. Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	71
Şekil 5.34. Hava ortamında AYMAS-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	72
Şekil 5.35. Azot ortamında SYA boya filmi örneğinin Freeman- Carroll yöntemine göre $R^2$ ve doğru denklemi.....	74
Şekil 5.36. Azot ortamında SYA boya filmi örneğinin Friedmann yöntemine göre $R^2$ ve doğru denklemi .....	75
Şekil 5.37. Azot ve hava ortamında AYMAS-SYA boya film örneklerinin Freeman Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	76
Şekil 5.38. Azot ve hava ortamında AYMAS-SYA film örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	77
Şekil 5.39. AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	78
Şekil 5.40. AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	79
Şekil 5.41. AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	79
Şekil 5.42. AYTfEM20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	80
Şekil 5.43. AYTfEM20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	80

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.44. AYTFEM20-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	81
Şekil 5.45. AYTFEM30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA- DTGA eğrileri.....	81
Şekil 5.46. AYTFEM30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	82
Şekil 5.47. AYTFEM30-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	82
Şekil 5.48. AYTFEM40-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	83
Şekil 5.49. AYTFEM40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	83
Şekil 5.50. AYTFEM40-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	84
Şekil 5.51. SYA ve AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	84
Şekil 5.52. SYA ve AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	85
Şekil 5.53. SYA ve AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	85
Şekil 5.54. SYA ve AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	86
Şekil 5.55. Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi.....	87
Şekil 5.56. Hava ortamında AYTFEM-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi.....	87
Şekil 5.57. Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	88

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.58. Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	88
Şekil 5.59. Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	89
Şekil 5.60. Hava ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	89
Şekil 5.61. Hava ortamında AYTFEM-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	90
Şekil 5. 62. Hava ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	91
Şekil 5.63. Azot ve hava ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	92
Şekil 5.64. Azot ve hava ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	93
Şekil 5.65. AYTAEA10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	94
Şekil 5.66. AYTAEA10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	95
Şekil 5.67. SYA ve AYTAEA10-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	95
Şekil 5.68. AYTAEA20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	96
Şekil 5.69. AYTAEA20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	96
Şekil 5.70. SYA ve AYTAEA20-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	97

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.71. AYTAEA30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	97
Şekil 5.72. AYTAEA30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	98
Şekil 5.73. SYA ve AYTAEA30-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	98
Şekil 5.74. AYTAEA40-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	99
Şekil 5.75. AYTAEA40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri.....	99
Şekil 5.76. SYA ve AYTAEA10-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması .....	100
Şekil 5.77. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	100
Şekil 5.78. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri .....	101
Şekil 5.79. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	101
Şekil 5.80. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri.....	102
Şekil 5.81. Azot ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi.....	103
Şekil 5.82. Hava ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $T_b$ , $T_s$ , $T_y$ ve $T_m$ değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi.....	103
Şekil 5.83. Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	104
Şekil 5.84. Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	105

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.85. Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	105
Şekil 5.86. Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	106
Şekil 5.87. Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $W_m$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	106
Şekil 5.88. Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen $R_{500}$ değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	107
Şekil 5.89. Azot ve hava ortamında AYTAEA-SYA boya film örneklerinin Freeman Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	108
Şekil 5.90. Azot ve hava ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	109
Şekil 5.91. SYA boya filmi örneğinin $\epsilon^*$ ve $\tan\delta$ değerlerinin sıcaklıkla değişimi ( $T_g$ : 30,4 °C).....	111
Şekil 5.92. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	112
Şekil 5.93. AYMAS-SYA film örneklerinin $\epsilon^{**}$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	112
Şekil 5.94. AYMAS-SYA film örneklerinin ve değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	113
Şekil 5.95. AYMAS-SYA film örneklerinin $T_g$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	113
Şekil 5.96. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	114



<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.97. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^{**}$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	115
Şekil 5.98. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin ve değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	115
Şekil 5.99. AYTFEM-SYA film örneklerinin $T_g$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	116
Şekil 5.100. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin $\epsilon^*$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	117
Şekil 5.101. AYTAEA-SYA film örneklerinin $\epsilon^{**}$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	117
Şekil 5.102. AYTAEA-SYA film örneklerinin ve değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	118
Şekil 5.103. AYTAEA-SYA film örneklerinin $T_g$ değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi.....	118
Şekil 5.104. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin camısı geçiş sıcaklık değerlerinin $T_g$ (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması..	120
Şekil 5. 105. AYTFEM-SYA film örneklerinin camısı geçiş sıcaklık değerlerinin $T_g$ (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması..	121
Şekil 5.106. AYTAEA-SYA film örneklerinin camısı geçiş sıcaklık değerlerinin $T_g$ (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması..	122
Şekil 5.107. AYMAS-SYA, film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin değişimi .....	123
Şekil 5.108. AYMAS-SYA film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi .....	124
Şekil 5.109. AYMAS-SYA film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi.....	124
Şekil 5.110. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi.....	125
Şekil 5.111. AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi .....	126

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.112. AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi .....	126
Şekil 5.113. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi.....	127
Şekil 5.114. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi .....	128
Şekil 5.115. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi .....	128
Şekil 5.116. AYMAs-SYA, AYTfEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi .....	129
Şekil 5.117. AYMAs-SYA, AYTfEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi .....	130
Şekil 5.118. AYMAs-SYA, AYTfEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi .....	130
Şekil 5.119. AYMAs-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	132
Şekil 5.120. AYMAs-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmasının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	132
Şekil 5.121. AYTfEM-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	133
Şekil 5.122. AYTfEM-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmalarının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	133
Şekil 5.123. AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	134
Şekil 5.124. AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmalarının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	134
Şekil 5.125. AYMAs, AYTfEM ve AYTAEA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	135

Şekil 5.126. AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA boya örneklerinin viskozite azalmalarının reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi .....	135
---	-----



**RESİMLER DİZİNİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Katı yağlar (Anonim, 2008).....	17
Resim 2.2. Sıvı yağlar (Anonim, 2008) .....	18
Resim 2.3. Aspir bitkisi (Anonim, 2010).....	21



**SİMGELER VE KISALTMALAR****Simgeler**

%	Yüzde
\$	Amerikan doları
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\gamma$	Gama
$\omega$	Omega
$\Delta$	Delta
$\pi$	pi
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
$\delta$	Delta
$^1\text{H}$	Hidrojen elementi
$^{13}\text{C}$	Karbon elementi
$^{19}\text{F}$	Flor elementi
$^{31}\text{P}$	Fosfor elementi
$\pm$	Artı eksi değer
lb	Pound
$T_g$	Camsı geçiş sıcaklığı
$\mu\text{m}$	Mikrometre
$\epsilon^*$	Depolama modülü
$\epsilon^{**}$	Kayıp modül
$v_e$	Çapraz bağ yoğunluğu
A	Frekans faktörü
n	Tepkime derecesi
$E_A$	Aktifleşme enerjisi
T	Sıcaklık değeri (Kelvin)

**Kısaltmalar**

<b>AA</b>	Akrilik asit
<b>AR-GE</b>	Araştırma ve Geliştirme
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>B.A.P.</b>	Bilimsel araştırma projeleri
<b>C</b>	% Kütle kaybı
<b>CH<sub>2</sub></b>	Metil grubu
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	Etil alkol
<b>cm</b>	Santimetre
<b>cm<sup>2</sup></b>	Santimetrekaire
<b>cP</b>	Centipoise
<b>C-C</b>	Doymuş karbon bağı
<b>C-F</b>	Karbon flor bağı
<b>C=C</b>	Doymuş karbon karbon bağı
<b>-COOH</b>	Karboksil grubu
<b>C=O</b>	Ester bağı
<b>dk</b>	Dakika
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>D-A</b>	Diels Alder tepkimesi
<b>EN</b>	Europeane Norm
<b>FBE</b>	Fen Bilimleri Enstitüsü
<b>TFEM</b>	2,2,2-trifloroetil metakrilat
<b>FT-IR</b>	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
<b>g</b>	Gram
<b>H</b>	Hidrojen elementi
<b>Hz</b>	Hertz
<b>ISO</b>	International Organization for standardization
<b>kg</b>	Kilogram

<b>KMB</b>	Kimya Mühendisliği Bölümü
<b>L</b>	Litre
<b>LAB</b>	Laboratuvar
<b>m</b>	Metre
<b>MAS</b>	Metakriloksipropiltrimetoksisilan
<b>MERSO</b>	Kauçuk tohumu yağı metil esteri
<b>mg</b>	Miligram
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	Magnezyum sülfat
<b>mHz</b>	Megahertz
<b>ml</b>	Mililitre
<b>mm</b>	Milimetre
<b>m<sup>2</sup></b>	Metrekare
<b>Mpa</b>	Megapascal
<b>N</b>	Newton
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Sodyum karbonat
<b>N<sub>2</sub></b>	Azot bileşiği
<b>NMR</b>	Nükleer manyetik rezonans
<b>N<sub>2</sub></b>	Azot bileşiği
<b>O</b>	Oksijen elementi
<b>OH</b>	Hidroksi grubu
<b>OMÜ</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
<b>PETAE</b>	Pentaeritritol allil eter
<b>ppm</b>	Parts per million
<b>p-tsa</b>	Para toluen sülfonik asit
<b>PVA</b>	Polivinil akrilat
<b>rpm</b>	Rounds per minute
<b>RSO</b>	Kauçuk tohumu yağı
<b>s</b>	Saniye
<b>SEM</b>	Taramalı elektron mikroskobu
<b>Si=O</b>	Silisyum oksijen bağı
<b>Kısaltmalar</b>	

<b>TAE</b>	Triallileter
<b>TAEA</b>	Triallileter akrilat
<b>Tan</b>	Tanjant
<b>TGA</b>	Termogravimetrik analiz
<b>TG</b>	Termogram
<b>TL</b>	Türk lirası
<b>TS</b>	Türk standartları
<b>TSE</b>	Türk standartları enstitüsü





## 1. GİRİŞ

Türkiye’de Birinci Beş Yıllık Sanayileşme Planı doğrultusunda, ülkemizin çeşitli bölgelerinde; kimya, tekstil, maden, dokuma ve şeker gibi halkın ihtiyaçlarını karşılayacak yatırımların yanı sıra çimento ve demir çelik gibi kalkınmanın temel stratejik ürünlerinin üretilmesine yönelik yatırımlarda yapılmıştır ve bu sektörlerin çalışmasına yönelik tesisler kurulmuştur. Bu tarihler arasında dünyada ortaya çıkan ekonomik kriz, bu tesislerin devlet eliyle kurulmasına ortam hazırlamıştır ve bu amaçla 1933 yılında kısıtlı imkânlarla Etibank kurulmuştur (Anonim, 2011).

**Çizelge 1.1.** 1933 yılında Etibank tarafından kurulmuş başlıca tesisler

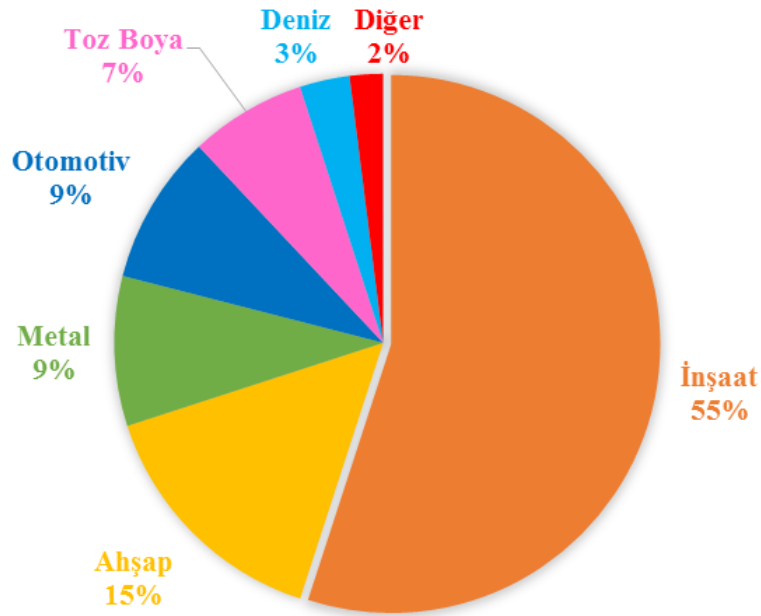
<b>Tesis Adı</b>	<b>İl</b>
Suni iplik Fabrikası	Bursa-Gemlik
Gülyağı Fabrikası	Isparta
Kibrit Fabrikası	Kocaeli-İzmit
Seramik Fabrikası	Zonguldak
Paşabahçe Şişe ve Cam Fabrikası	İstanbul-Beykoz
Demir Çelik Fabrikası	Karabük
Kağıt ve Selüloz Fabrikası	Kocaeli-İzmit
Kükürt Fabrikası	Keçiözü
Pamuklu Dokuma Fabrikası	İstanbul-Bakırköy
Pamuklu Dokuma Fabrikası	Kayseri
Pamuklu Dokuma Fabrikası	Aydın-Nazilli
İplik ve Dokuma Fabrikası	Malatya
Kamgarn Mensucat Fabrikası	Bursa
Kendir Fabrikası	Kastamonu

Çizelge 1.1’de gösterilen bu tesisler arasında, en genel anlamda laboratuvarlarda üretilen kimyasalların ekonomik olarak tüketiciye sunulması amacı güden kimya sektörü; beslenme, konaklama ve sağlık gibi temel ihtiyaçlardan bilgisayar, iletişim ve bu gibi teknoloji gerektiren alanlara kadar birçok sayısız üretim süreçlerine girdi sağlamaktadır. Bu sektörde üretilen ürünlerin %30’luk kısmı doğrudan tüketiciye ulaşırken %70’i ise farklı alanlarda ara mal veya hammadde olarak tüketilmektedir. Bu özellik kimya sektörünü tüm sektörler için önemli kılmaktadır.

Kimya sektörü üretim açısından, tüketici kimyasalları ve ara kimyasallar olmak üzere iki ayrı dalda sınıflandırılmaktadır. Sabun, deterjan, parfüm, kozmetik ve ilaç gibi tüketici kimyasallarının sektördeki payı yaklaşık %35'tir. Boya ve tarım ilaçları, petro kimyasallar, polimer vb ara kimyasalların sektördeki payı yaklaşık %65'tir. (Ulengin ve ark., 2012).

Türk boya endüstrisi, teknolojik altyapısı ve gün geçtikçe artan üretimi ile Avrupa'daki boya üretiminde 6. büyük boya üreticisidir ve 2010 yılı verilerine göre, iç ve dış pazarlardaki ekonomik büyüklüğü 2,5 milyar \$'dır. 90 milyar \$'lık pazar büyüklüğüne sahip olan dünya boya endüstrisinde, Türkiye 35 milyon tonluk üretim ile, yaklaşık %2'lik pazar payına sahiptir (Anonim, 2012a).

Türk boya sanayisi %65 kapasite kullanım oranıyla birlikte yıllık 800 000 ton üretim kapasitesine sahiptir. Bu kapasitenin %55'i su bazlı boyalar, %45'i de çözücü bazlı boyalardan oluşmaktadır. Boyaların kullanım alanlarına göre dağılımı Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Boyaların kullanım alanlarına göre dağılımı (Anonim, 2012b)

Bu tez çalışması kapsamında kimya sanayinde ara kimyasallar sınıfında yer alan ve önemli yer tutan boya sanayiine katkı yapacak bir iyileştirme çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda kaynak taraması ve deneysel çalışmalar yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilerek literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Boyaların Tanımı ve Özellikleri

#### 2.1.1. Boya nedir?

Malzemelerin yüzeyine uygulandığında koruma, görsellik kazandırma veya aydınlatma gibi çeşitli amaçlarla uygulanan, sert ve ince bir tabaka oluşturan renkli bir sıvı karışıma *boya* adı verilmektedir. Boyaların geçmişteki kullanım amaçları dekoratif sanat eserlerinde estetik görünüm sağlamak iken, günümüzdeki kullanım amaçları ise daha çok yapı malzemelerini dış etkilere karşı korumak, temizlik sağlamak ve mimari standartlara ulaşmaktır (Anonim, 2016).

#### 2.1.2. Boyaların sınıflandırılması

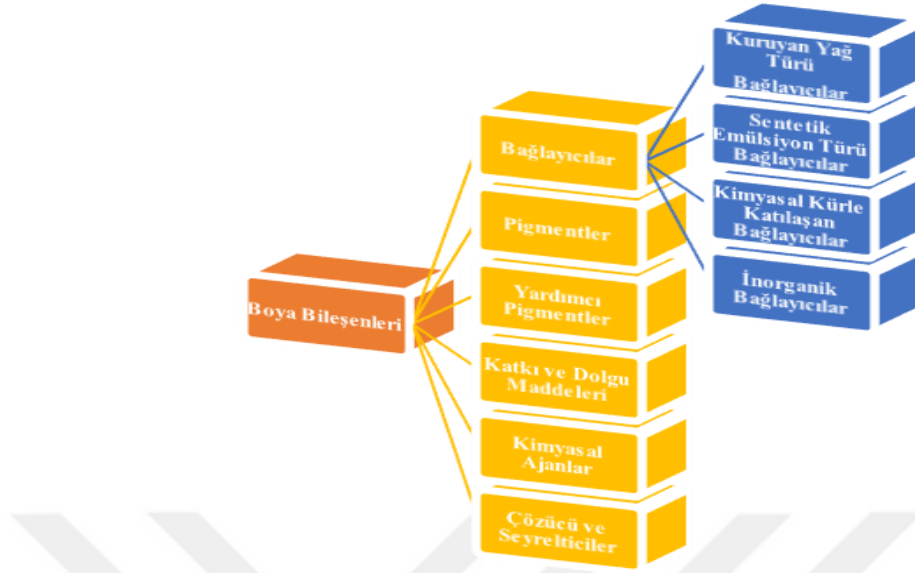
Kullanım amaçlarına göre, içerdikleri reçine türüne göre ve kuruma mekanizmalarına göre boyaların sınıflandırılması Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Boyaların sınıflandırılması

<u>Kullanım amaçlarına göre</u> (Paksoy, 1999)	<u>İçerdikleri reçine türüne göre</u> (Paksoy, 1999)	<u>Kuruma mekanizmalarına göre</u> (Furtana, 2006)
Dekoratif	Selülozik	
İnşaat	Alkid veya sentetik	
Sanayi ve korozyon	Akrilik	Fiziksel olarak kuruyan boyalar
Mobilya	Poliüretan boyalar	
Otomotiv	Epoksi boyalar	
Deniz		Kimyasal olarak kuruyan boyalar
Ambalaj		

#### 2.1.3. Boya bileşenleri

Bağlayıcılar, pigmentler, yardımcı pigmentler, katkı ve dolgu maddeleri, kimyasal ajanlar ve çözücü ve seyrelticiler gibi genel olarak bilinen boya bileşenleri, Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Boya bileşenleri (Anonim 2016)

#### 2.1.3.1. Bağlayıcılar

Boya içerisinde renk, kapaticılık, akışkanlık, yoğunluk, mukavemet gibi özellikleri sağlayan katkı maddeleri ile diğer kimyasalları bütünleştirmek amacıyla koruyucu bir film oluşturan kimyasallara ‘bağlayıcılar’ adı verilmektedir. Genel olarak reçineler bağlayıcılar olarak bilinmektedir. Bağlayıcıların boyalara kazandırdığı başlıca özellikler, sertlik, esneklik, parlaklık, koruma, yapışma ve kuruma olarak sıralanabilir.

#### Kuruyan yağ içeren bağlayıcılar

Genellikle bitkisel kökenli yağlar geçmişten günümüze kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Temel prensip kuruyan bir yağın oksitlenmesi ve polimerleşmesi esasına dayanmaktadır. Örnek olarak, keten yağı, kendir yağı, kenevir yağı, ceviz yağı, aspir yağı, hint yağı, haşhaş yağı, çin ağacı yağı veya balık yağı verilebilir.

### Sentetik emülsiyon esaslı maddeler

Kuruyan yağ içermeyen bu bağlayıcı çeşidinde katılaşma, bünyesindeki suyun buharlaşması ile olur. Örnek olarak PVA veya akrilik dispersiyonları gösterilebilir.

### Kimyasal kütle katılan bağlayıcılar

Bu tür malzemelere çok yaygın olarak kullanılan epoksi veya poliüretan reçineleri örnek olarak verilebilir.

### İnorganik bağlayıcılar

İnorganik bağlayıcılar çimento, kireç ve su ile belirli oranlarda karıştırılarak badana amaçlı kullanılmaktadır (Anonim 2016). Yaygın olarak kullanılan bağlayıcılar Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Yaygın olarak kullanılan bağlayıcılar ve kullanım alanları

Tür	Tanım	Özellikler
Alkid reçineleri	Kuruyan yağ veya yağ asitleri ile modifiye edilmiş, poliasit ve poliollerin kondenzasyon ürünü olan poliesterlerdir (Ertaş, 2004).	İçerdikleri yağ miktarına göre değişken kullanım alanı Diğer reçineler ile modifiye edilebilirlik Havada kuruyarak dayanıklı film oluşturabilme
Fenolik reçineler	Fenoller ile aldehitlerin asidik ya da bazik bir katalizör kullanmak suretiyle yapılan kondenzasyonu ile elde edilen polimerlerdir (İyim, 1996).	Sertlik, İyi yapışma (kavlamama)
Amino Reçineleri	Üre, melamin, gibi amin grubu içeren kimyasalların formaldehit ile gerçekleştirdikleri kondenzasyon tepkimesi ile elde edilirler (Gündüz, 2007).	Alkid ve epoksi reçineleri ile modifiye edilerek kullanılabilme İyi yapışma (kavlamama) Kimyasallara dayanma, Renk tutma, Esneklik Parlaklık
Poliüretanlar	İzosiyanat ve polioller olmak üzere iki bileşenden oluşur (Yürekli, 1995).	Kullanılan başlangıç maddelerine ve bunların oranlarına göre değişken ürün özellikleri
Akrilik reçineler	Akrilik asit ve metil akrilik asit esterleri kullanılarak elde edilirler (Küçüköğlü 2005).	Tokluk Işık direnci Kararlılık
Silikon reçineleri	Kimyasal yapıları nedeniyle, diğer reçine türlerine göre üstün özelliklere sahiptirler (König ve ark., 2014).	Isısal kararlılık Esnekliği koruma Çözücülere karşı kimyasal dayanıklılık, Düşük yüzey gerilimi Hidrofobik yüzey

### 2.3.1.2. Pigmentler (Boyar maddeler/ Renk verici maddeler)

Pigmentler, bağlayıcı içinde çözünmeyen organik ve anorganik yapıdaki mikron büyüklüğündeki (0,05-10 µm) katı taneciklerdir. Bu katı tanecikler boyalara renk ve opaklık kazandırma özelliğine sahip olmasından ötürü başka bir deyişle "boyar madde" olarak adlandırılır. Kullanılan pigment türüne ve kullanım amacına göre boyalar içinde farklı görevler üstlenirler. Pigmentler doğal, sentetik, organik ve inorganik olarak dört grupta sınıflandırılır.

Pigmentlerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Artan film kalınlığı sayesinde örtücülük ve dayanıklılık,
- Kirli ve zararlı gazlar için seçicilik,
- Zararlı mor ötesi ışınları soğurma ve yansıtma,
- Korozyonu önleme (Anonim, 2016) (Öner, 2014).

#### 2.3.1.3. Yardımcı pigmentler

Boyalara yoğunluk, matlık verme gibi diğer bazı özellikleri veren kimyasallardır.

#### 2.3.1.4. Katkı ve dolgu maddeleri

Boyalara az miktarda ilave edilen katı maddelerdir ve yoğunluk, yüzey düzgünlüğü, matlık gibi özellikleri kazandırmaktadırlar. Esas görevleri çökelme, topaklanma, kaymaklanma gibi istenmeyen durumların oluşumunu engellemek ve boyaya istenilen özellikleri kazandırmaktır (Bekircan, 2007).

Katkı maddeleri;

- Islatıcı ajanlar
- Reolojik katkıları
- Köpük gidericiler
- Katalizörler
- Durdurucular
- Matlaştırıcılar (Camcıoğlu, 2010).



### 2.1.3.5. Kimyasal ajanlar

Boyaya düşük oranlarda katılarak kürlenme, depolama ve uygulanması esnasında boyaya önemli özellikler kazandıran kimyasallardır. Bunlar;

- Dağıtıcı ajanlar (Dispers ediciler),
- Islatıcı ajanlar,
- Pigment yüzmesini önleyiciler,
- Çökme önleyiciler,
- Köpük kesiciler,
- Kabuk önleyiciler,
- Kurutucu ajanlar,
- Matlaştırıcı ajanlar gibidir. (Anonim, 2016).

### 2.1.3.6. Çözücüler ve seyrelticiler

Bağlayıcılar ile birlikte boya içindeki diğer bileşiklerin homojen bir faz oluşturması amacıyla ilave edilen ve uygun vizkozite sağlayan sıvı malzemelerdir. Çözücüler ve seyrelticiler uygulandıktan sonra yüzeyden buharlaşmak suretiyle bağlayıcı ve pigmente zarar vermeden yüzeyi terk ederler ve boyanın iyi yapışmasını ve kavlamamasını sağlarlar. Boya sanayinde kullanılan çözücülere örnek olarak, hidrokarbonlar, alkoller, esterler, ketonlar ve glikol eterleri verilebilir.

Çözücü seçimi için göz önünde bulundurulması gereken özellikler

- Çözünürlük
- Buharlaşma hızı
- Kaynama noktası
- Alevlenme noktası
- Koku
- Zehirlilik
- Korozyon
- Maliyet (Anonim, 2016).

## 2.1.4. Boya sanayi terimleri

### 2.1.4.1. Kuruma

Boyaların pasta (viskoz sıvı) halinden katı hale geçmesidir. Bu işlem için gereken süreye ise kuruma süresi denir. Boyaların tam kuruması için yani kimyasal sertleşme dediğimiz tam kurlenmesi için gereken süre en az 72 saattir.

### 2.1.4.2. Viskozite

Boyaların akmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanır. Boyanın uygulama aşamasında önemli bir yere sahiptir.

### 2.1.4.3. Sertlik

İz ve çizilmeye karşı olan dirençleridir.

### 2.1.4.4. Renk

Maddeler üzerlerine düşen ışığın yansımasıdır. Yansıyan ışın o maddenin rengini göstermektedir.

### 2.1.4.5. Örtücülük (Film kalınlığı)

Boyanın uygulandığı yüzeyi tam olarak kapatabilme kabiliyetidir.

### 2.1.4.6. Esneklik

Boya filminin eğilmesi ve bükülmesi halinde çatlama, kırılma ve kopma olmamasıdır.

### 2.1.4.7. Yapışma (Kavlamama)

Boya ile oluşan film tabakasının çekme kuvvetleri ile birlikte yüzeyde tutunmasıdır (Anonim, 2016).

## 2.2. Yağların Tanımı ve Özellikleri

### 2.2.1. Yağ tanımı

Yağlar, gliserin molekülünde bulunan OH gruplarının, uzun, düz zincirli ve çift karbon sayılı (4-24) monokarboksilik doymuş ve doymamış yağ asitleri ile esterleşme tepkimesi sonucu oluşmuş triesterlerdir. Bu oluşumda gliserin girdi olarak kullanıldığı için bu yağlara gliserit de denilmektedir. Saf yağın bileşiminde C, H, ve O elementleri bulunur. Yağlar, boya sanayinde bağlayıcı olarak kullanılan alkid reçinelerinin içine belirli özellikler kazandırmak amacıyla katılmaktadırlar.



Şekil 2.2. Yağ oluşumu tepkimesi (Matharage ve ark., 2013)

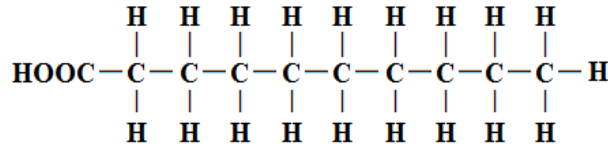
### 2.2.2. Yağ asitleri

Hidrokarbon zincirinde karboksilik asit grubu içeren monokarboksilik organik asitlerdir. Genel olarak  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$  formülü ile gösterilirler. Şekil 2.3'te gösterilen yağ asitlerinin yapısında yer alan hidrokarbon zincirinde bulunan karbonlar,  $-\text{COOH}$  karbonundan başlanarak adlandırılırlar.



### 2.2.3.1. Doymuş yağ asitleri

Dallanmamış yani düz hidrokarbon zincirine sahip olan ve çift bağ içermeyen yağ asitleridirler. Diğer adları doymuş yağlardır. Doymuş bir yağ asidinin molekül yapısı Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Zincir uzunluklarına göre doymuş yağ asitleri Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Doymuş yağ asitlerinin yapısı (Anonim, 2008)

Çizelge 2.3. Zincir uzunluklarına göre doymuş yağ asitleri (Anonim, 2008)

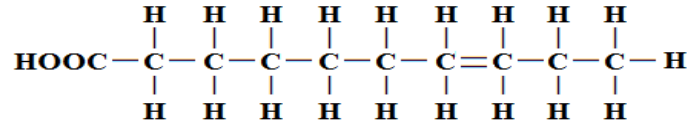
Karbon sayısı	Zincir uzunluğu	Faz
2-6	Kısa zincirli	Sıvı
8-12	Orta zincirli	Sıvı
>12	Uzun zincirli	Katı

Çizelge 2.4. Karbon sayılarına göre yağ asitleri (Anonim, 2008)

Yağ asidi	Karbon iskeleti	Yapı Formülü
Asetik	2:0	CH <sub>3</sub> COOH
Propiyonik	3:0	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
Bütirik	4:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH
Kaproik	6:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH
Kaprilik	8:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH
Kaprik	10:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH
Laurik	12:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH
Miristik	14:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH
Stearik	18:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH
Araşidik	20:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH
Behinik	22:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> COOH
Lignoserik	24:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>22</sub> COOH

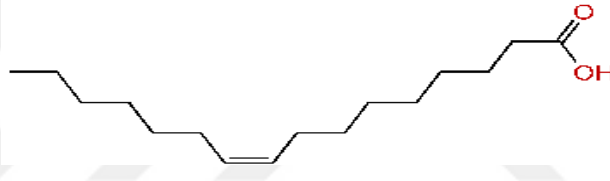
### 2.2.3.2. Doymamış yağ asitleri

Doymamış yağ asitleri, düz hidrokarbon zincirine sahip olan ve birde fazla sayıda çift bağ içermektedirler.



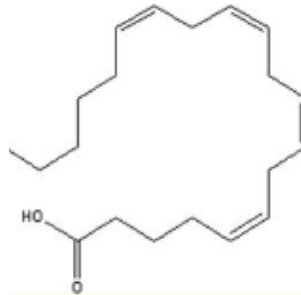
Şekil 2.6. Doymamış yağ asitlerinin yapısı (Anonim, 2008)

Zincirde sadece bir adet çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, monodoymamış yağ asitleridirler.



Şekil 2.7. Monodoymamış yağ asiti ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}=\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ )(Anonim,2008)

Zincirde iki yada daha fazla çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, polidoymamış yağ asitleridirler. Polidoymamış yağ asitleri, içerdikleri çift bağ sayısına göre dienoik, trienoik, tetraenoik yağ asitleri olarak adlandırılırlar.



Şekil 2.8. Polidoymamış yağ asitleri (Anonim, 2008)

Doymamış yağ asitleri oda sıcaklığında genellikle sıvıdırlar, suda çözünmezler, uçucu değildirler. Doymamış yağ asitlerine örnek olarak hayvansal yağlarda bulunan palmitoleik asit, oleik asit, linoleik asit, araşidonik asit verilebilir.

**Çizelge 2.5.** Karbon sayılarına göre doymamış yağ asitleri (Anonim, 2008)

Yağ asidi	Karbon iskeleti	Yapı Formülü
Palmitoleik	<sup>1</sup> 16:1Δ <sup>9</sup>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Oleik	18:1Δ <sup>9</sup>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Linoleik	18:2Δ <sup>9,12</sup>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> )CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
Araşidonik asit	20:4Δ <sup>5,8,11,14</sup>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH

İnsanlar için esansiyel yağ asitleri olan yani vücutta sentezlenemeyen Linoleik asit, linolenik asit ve araşidonik asit gibi yağ asitleri; besinlerle dışarıdan takviye edilebilmektedir. Linoleik asit kaynakları mısır, yer fıstığı, pamuk, keten ve soya fasülyesi gibi tohum yağlarıdır. Yer fıstığı önemli bir araşidonik asit kaynağıdır.

Doymamış yağ asitleri karbon zincirindeki çift bağların bulunduğu yere göre *cis*- ve *trans*- izomerleri oluşturur.

#### 2.2.3.3. Ek gruplu yağ asitleri

Zincirde hidroksil veya metil grubu içermektedirler. Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 2.6.** Ek gruplu yağ asitleri (Anonim, 2008)

Yağ asidi	Karbon iskeleti
Dioksistearik	18:0Δ <sup>9</sup> (9,10-dioksi)
Risinoleik	18:1Δ <sup>9</sup> (12-monooksii)
Serebronik	24:0(2-monooksii)
Oksinervoik	24:1Δ <sup>15</sup> (12-monooksii)
Tüberkülostearik	18:0(10-monometil)

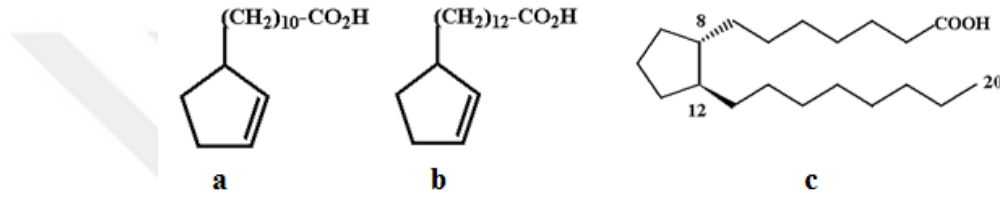
<sup>1</sup>Karbon iskeletindeki 16:1Δ<sup>9</sup> "16 karbonlu 1 çift bağlı yağ asidindeki çift bağın yeri 9. karbondur" anlamına gelir.

### 2.3.3.4. Halka yapılı yağ asitleri

Zincirlerinde halkalı yapılar içeren halka yapılı yağ asitleri Çizelge 2.7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.7.** Halka yapılı yağ asitleri (Anonim, 2008)

Yağ asidi	Karbon iskeleti
Hidnokarpik	16:1 $\Delta^{13}$
Şolmogrik	18:1 $\Delta^{15}$
Prostanoik	20:0

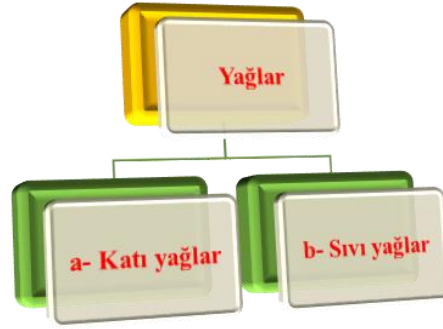


**Şekil 2.9.** a) Hidnokarpik asit b) Şolmogrik asit c) Prostanoik asit (Anonim, 2008)

### 2.2.4. Yağların sınıflandırılması

Yağlar basitten karmaşığa doğru birçok şekilde sınıflandırılmaktadırlar. Organik kimyada yağların genel adları lipitlerdir ve bu yağlar, kaynaklarına göre bitkisel, hayvansal, madeni, eteri yağlar ve mumlar şeklinde sınıflandırılır. Bitkisel yağlar sıvı veya katı olarak zeytin, ayçiçeği, soya fasulyesi, pamuk çekirdeği, badem, yer fıstığı ve hindistan cevizi gibi bitkilerin çekirdek veya meyvelerinde bulunur. Hayvansal yağlar daha çok koyun, sığır ve balıklardan (özellikle balina yağı) elde edilir. Madeni yağlar makine parçalarını yağlamada kullanılırlar ve parafin karışımıdır. Eteri yağlar veya esans yağları şeklinde adlandırılan yağlar, gliserinden oluşmadığı gibi belirli bir gruba da girmezler. Mumlar karboksilli asitlerden türeyen esterlerdir. Yağlar, içerdikleri yağ asitlerine göre iki gruba ayrılırlar.





**Şekil 2.10.** İçerdikleri yağ asitlerine göre yağlar (Anonim, 2008)

#### 2.2.4.1. Katı Yağlar

Yapılarında büyük oranda doymuş asitlerin gliserinle oluşturdukları esterler bulunur. Bunlar katı olabileceği gibi yarı katı da olabilirler. Katı yağlar daha çok hayvansal ürünlerdir. Bileşiminde en çok palmitik asit bulunur, sırası ile laurik asit ve stearik asit de yer alır. Karışık bir gliseritte bu asitlerin her üçü de bulunabilir.



**Resim 2.1.** Katı yağlar (Anonim, 2008)

#### 2.2.4.2. Sıvı Yağlar

Yapılarında, doymamış yağ asitlerinin gliserinle oluşturduğu esterler daha fazladır. Bu tür yağlar, zeytinyağı, pamuk yağı, soya yağı gibi bitkisel yağlardır.



**Resim 2.2.** Sıvı yağlar (Anonim, 2008)

Doymamış yağlar, doymamış grupların (çift bağ) sayısına göre; kuruyan yağlar (örneğin, bezir yağı), yarı kuruyan yağlar (örneğin, ayçiçek yağı), kurumayan yağlar (örneğin, koko yağı) ve çift bağların konumuna göre; izole çift bağ, konjuge çift bağ, kümüle çift bağ olarak sınıflandırılmaktadır. Kuruyan yağlarda çok sayıda çift bağ bulunur. Açık havada katılaşırlar. Hava oksijeni ile bu çift bağlar tepkime verirler ve bileşiğin yapısını geliştirerek katılaşmasını sağlarlar. Yağın kuruması buharlaşarak ortamı terk etmesi değildir. İzole çift bağ konumunda yağ asidindeki karbon zincirindeki doymamış gruplar (çift bağlar) arasında bir veya birden fazla metil grubu vardır. Konjuge çift bağ konumunda yağ asidindeki doymamış gruplar (çift bağlar) arasında metil grubu yoktur. Kümüle çift bağ konumunda yağ karbon zincirinde; iki adet, üç tane çift bağ bulunduran karbon atomu vardır (Anonim, 2008).

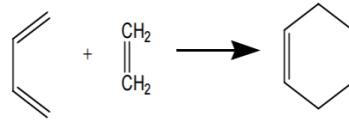
## 2.3. Diels-Alder Tepkimeleri

### 2.3.1. Diels-Alder tepkimelerinin özellikleri

Diels-Alder tepkimeleri organik kimyada yaygın olarak bilinen halka oluşumu ile biten katılma tepkimeleridir. Bu tepkimenin temeli bir konjuge dien ve dineofilin [4+2] 6'lı halka yapısı oluşturmasına dayalıdır. Burada [4+2] 4 rakamı konjuge diendeki 4  $\pi$  ve 2 rakamı ise dienofilde yer alan 2  $\pi$  elektronunu göstermektedir.

Diels-Alder tepkimeleri 1928’de Alman kimyagerler Otto Diels ve Kurt Alder tarafından keşfedilmiştir. Diels-Alder tepkimesine örnek Şekil 2.11’de gösterilmiştir. Bu tepkime sonucu oluşan ürün olarak halkalı yapıdaki hekzen oluşmaktadır.

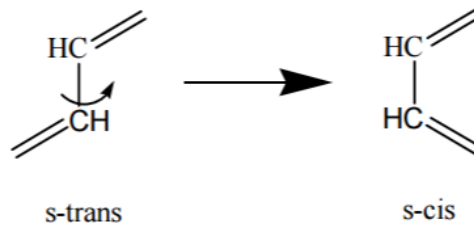
Bu sebeple Diels Alder tepkimeleri halka yapı oluşturan katılma tepkimeleri olarak ifade edilmektedirler. Tepkimede çok farklı girdiler kullanılarak farklı ürünler sentezlenebilir ve bu sebeple D-A tepkimesi organik kimyada önemli tepkimeler arasında yer almaktadır.



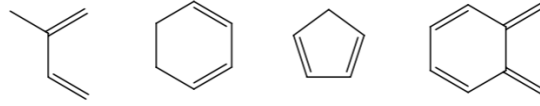
Şekil 2.11. Diels-Alder tepkimesi (Sar, 2008)

### 2.3.2. Diels-Alder tepkimelerindeki dien bileşeni

Diels-Alder tepkimesinde dien bileşeni tepkimenin ilerleyebilmesi için s-cis yapısında bulunmalıdır bu durum D-A tepkimeleri için sınırlamadır. s-cis yapısında çift bağa bağlı olan yapılar aynı yönde olmakla birlikte çözültideki dienleri bağlayan C-C bağı sürekli olarak dönerek hareket eder ve genelde s-cis ve s-trans yönelimi bir karışım halinde bulunur ve tepkime sırasında s-cis yönelimi olan bileşenler tepkime verirken s-trans yöneliminde olan bileşenler tepkime vermez. Dienler için istenilen özellikler mümkün olduğu kadar elektronca zengin olmalarıdır. Bu tepkimenin kolaylıkla gerçekleşebilmesi için gerekliliktir. Dien yapısı örnekleri Şekil 2.12 ve Şekil 2.13’te gösterilmiştir.



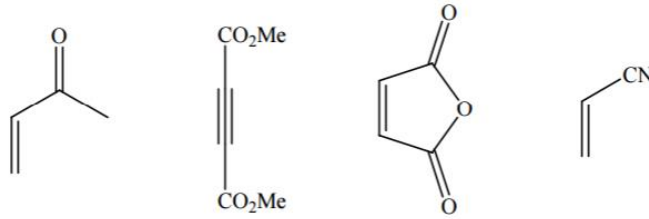
Şekil 2.12. Dienin uzaysal yönelimi (Sar, 2008)



Şekil 2.13. Dien yapısı örnekleri (Sar, 2008)

### 2.3.3. Diels-Alder tepkimelerindeki dienofil bileşeni

İyi bir dienofil Şekil 2.14'te gösterildiği gibi elektron çeken gruplara sahip olmalıdır (Sar, 2008).



Şekil 2.14. Dienofil yapısı örnekleri (Sar, 2008)

## 2.4. Aspir Yağı ve Özellikleri

Aspir latince ismi Compositae (Asteraceae) olan bir familyaya bağlı, tek yıllık, kışlık ve yazlık olarak ekilebilen bir yağlı tohum bitksidir. Bu bitkinin yağ içeriği yaklaşık %25-27 civarındadır. Yapılan bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmaları ile bu oran %46-47'ye kadar ulaşmıştır (Şakir ve Başalma, 2005). Açık renkli olan aspir yağı, yüksek oranda doymamış yağ asitleri grubunda yer alan linoleik asit ihtiva etmesi nedeniyle yağ bitkileri arasında önemli bir yere sahiptir (Metcalf ve ark., 1980). Tohum verimleri çok düşüktür bu nedenle aynı koşullarda yetişen diğer birçok kültür bitkileri ile üretimde yarışabilmesi için yeni ıslah çalışmaları gerektirmektedir (Aydın, 2012). İklim ve toprak yönünden diğer yağ bitkilerine göre seçicilikleri düşüktür. Ekolojik faktörlere bakıldığında bu bitki, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde buğday ile nöbetleşe ekilebilme olanağına sahiptir.

Ülkemizin sulama imkanları sınırlı olmasında dolayı, tarım daha çok tahıllara dayanmaktadır. Ancak aspir bitkisinin üretilmesiyle, bu üretim yelpazesi hem çeşitlenecek hemde biyolojik çeşitliliği artıracaktır böylelikle tarım arazilerinin daha verimli kullanılması sağlanmış olacaktır.

Sulama olanaklarının yetersiz olduğu alanlarda yetiştirilebilmesinin yanı sıra sulanan koşullarda yetiştirilmesi ile yüksek verim sağlanabilmektedir. Uygun toprak koşullarında (sıcaklık ve nem), aspir bitkisi toprağın derinliklerine 3 m'ye kadar inen kökleri nedeniyle tahılların yararlanamadığı toprağın alt katmanlarındaki besin elementlerinden de istifade edebilmektedir (Li ve Mündel, 1996).



**Resim 2.3** Aspir bitkisi (Anonim, 2010)

**Çizelge 2.8.** Aspir yağının yağ asidi bileşimi (Eryılmaz ve ark., 2014)

Yağ asidi	Yağ asidi bileşimi %
Miristik	0.08
Palmitik	6.10
Palmitoleik	0.09
Stearik	1.60
Oleik	10.54
Linoleik	81.00
Linolenik	0.11
Araşidonik	0.30
Eikosenik	0.15

Çizelge 2.8'e göre aspir tohumu %81 oranında linoleik yağ asidi ve %0 oranında oleik asit içermektedir. Linoleik yağ asitleri yapılarında bulundukları çift bağların sayısına göre dien olarak adlandırılırlar. Aspir tohumu yağı linoleik asit oranından dolayı kuruyan yağlar sınıfına girmektedir. Kuruyan yağlar çok sayıda çift bağ içermektedirler. Son yıllarda yapılan çalışmalarda reaktif seyrelticilerin yağlarla modifikasyonunda kuruyan yağların tercih edilmesinden dolayı bu çalışmada aspir tohumu yağı tercih edilmiştir.

## 2.5. Alkid Reçineler

### 2.5.1. Alkid reçine tanımı

Alkid kelimesi alkol ve anhidrit kelimelerinden türetilmiştir. Bu ifadeden anlaşılacağı üzere, alkid reçineler yağ asitlerinin esterleşmesi sonucu, polihidrik alkoller ve dibazik asitlerin polikondenzasyon tepkimesi sonucu elde edilmektedir ve yağ ya da yağ asidi ile modifiye edilebilen bir tür sentetik poliester reçinedir. Poliesterler ile ilgili ilk çalışma 1847'de Berzelius tarafından yapılan tartarik asit ve gliserinin tepkimesi olan sentetik reçine çalışmasıdır. İkinci dünya savaşından sonra çalışmaların hızlanmasıyla birlikte, alkid reçineler boya ve vernik üretiminde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Alkid reçine boya ve vernik sistemlerinde film oluşumunu doğrudan etkileyen aynı zamanda fiziksel ve kimyasal direnç, yapışma, kavlama, dayanım gibi film halindeki kaplamanın diğer önemli özelliklerini oluşturan en önemli mazlemedir. Alkidin polimerik özelliklerinin daha da geliştirilmesi mümkündür. Yapılan çalışmalar ile farklı modifiye alkid reçineler üretilebileceği gibi günümüzde yüksek katı içerikli sistemler ve özellikle emülsiyel alkidlere eğilim giderek artmaktadır.

Alkid reçineleri boyalarda bağlayıcı olarak kullanılmaktadırlar (Wicks ve ark., 1999). 1927 yılında Kienle tarafından yeni bir alkid sınıfının keşfedilmesiyle boya endüstrisinde bir devrim gerçekleşmiştir (Kienle, 1929, 1949). Bu devrim polihidrik alkoller ile polibazik asitlerin özel poliesterlerinin geliştirilmesidir.

Alkid reçineler plastikleştiriciler, yapıştırıcılar gibi birçok uygulamada kullanılırlar (Soucek ve Ren, 2014, 2015).

### **2.5.2. Alkid reçinelerin boya kullanımında üstünlükleri**

Boyanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin büyük kısmını yapısındaki bağlayıcı olarak kullanılan reçineler verir. Alkid bazlı reçine kullanmanın boyaya kattığı özellikler şunlardır:

- Mükemmel dayanıklılık, elastikiyet ve sertlik
- Mükemmel parlaklık ve renk koruma
- Pigmenti ıslatma
- Suya karşı dayanıklılık-silinebilme özelliği
- Isıya karşı dayanıklılık

### **2.5.3. Alkid reçine çeşitleri**

Alkid reçineler yağ yüzdelerine (%) göre üç gruba ayrılır:

#### **2.5.3.1. Uzun yağlı alkidler**

Alkid reçinedeki yağ yüzdesi %55'in üzerinde olan alkidler uzun yağlı olarak tanımlanır. Her türlü inşaat ve dekorasyon amaçlı, hava kurumalı boya sistemlerinde geniş kullanım alanı bulunur. Alifatik çözücüler ile seyreltilirler. Uygulama fırça ya da rulo şeklindedir.

#### **2.5.3.2. Orta yağlı alkidler**

Alkid reçinedeki yağ yüzdesi %45-55 arasında olan alkidler orta yağlı olarak tanımlanır. Dekoratif amaçlı boyalarda, deniz ve makine boyalarında, oto tamir boyalarında tercih edilirler. Alifatik çözücüler yada aromatik çözücüler ile seyreltilirler. Uygulama fırça, rulo ya da sprey şeklindedir.

### 2.5.3.3. Kısa yağlı alkidler

Alkid reçinedeki yağ yüzdesi %45'in altında olan alkidler kısa yağlı olarak tanımlanır. Kuruyan ya da kurumayan yağ/yağ asidinden yapılan tipleri vardır. Kuruyan yağ ya da yağ asitli tipleri genellikle modifiye edilerek hızlı alkid grubunda yer alır ve sanayide yaygın biçimde kullanılır. Kurumayan yağdan yapılan tipleri ise tek bileşenli ya da çift bileşenli olarak metal ya da mobilya sektöründe kullanılır. Püskürtme (sprey), daldırma yöntemi ile uygulanır ve aromatik çözücüler ile seyreltilirler.



### 3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Alkid reçinelere çeşitli modifikasyon yöntemleri uygulanarak yeni fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırılabilir. Bu kapsamda alkid reçineler çeşitli kimyasal malzemeler ile modifiye edilebilir ve bunun sonucu olarak alkid reçinelerinin film özellikleri bu modifikasyonlar sayesinde geliştirilebilmektedir.

Literatürde, farklı modifikasyon yöntemleri ile sentezlenmiş çok sayıda çalışma (epoksi, vinil, akrilat, üretan, stiren, fenolik ve silikon modifiye alkid reçineler) bulunmaktadır. Araştırmacılar daha çevreci boya sistemleri geliştirmeye çalışmaktadırlar (Swaraj, 1996; Jones, 1996). Bunun için tohum yağı bazlı malzemeler alternatif olarak seçilmiştir. Tohum yağları kendi aralarında yağ asidi zincirindeki doymamış bağların sayısına göre kuruyan, yarı kuruyan ve kurumayan yağlar olmak üzere farklı kategorilere ayrılmaktadırlar. Kuruyan yağlar, yağ asitlerinde doymamış bağların sayısının yüksek olması demektir. Bu yağ asitleri, alkid reçinelerin atmosferle temas ettiğinde daha kolay film oluşmasına yardımcı olmaktadır. Tohum yağlarının film oluşturma süreci, genellikle kendi kendine oksitlenme (otooksidasyon) ile kütleme şeklindedir (Swaraj, 1996; Jones, 1996; Muizebelt ve ark., 1998; Teng ve ark., 2003; Martyak ve ark., 2005; Mallegol ve ark., 2001). Farklı oranlarda (%36, %47, %59 ve %78) tütün tohumu yağı yüzdeleri ile alkid reçineler modifiye edilmiştir. Değişen yağ oranının alkid reçinelerde kuruma performansı, film kalınlığı, çözünürlük, viskozite ve renk özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Modifiye edilmiş alkid reçinelerin pigmentli ve pigmentsiz olarak uygulanması sonucu elde edilen filmlerde kuruma performansı iyi olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca bu modifiye alkid reçinelerin analiz sonuçları, performanslarının ticari alkid reçineler ile karşılaştırılabilir olduğunu vermiştir (Ogunniyi ve Odetoeye, 2008).

Ftalik anhidrit, gliserin ve Afrika Locustbean tohumu yağı kullanılarak, alkoliz metodu ile %27, %50 ve %60 yağ içeriğinde, alkid reçineleri sentezlenmiştir (Aigbodion ve Okieimen, 2001). %71.63 linoleik asit, %13.46 oleik asit ve %8.72 diğer yağ asitleri içeriği ile yarı kuruyan yağ sınıfına giren tütün tohumu yağının yağ asidi bileşiminin, alkid reçinelerde film özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışma sonucunda alkid reçinelerinin parlaklık, kuruma, sertlik ve adhezyon gibi film özelliklerinin keten tohumu, soya ve ayçiçek yağı esaslı alkid reçinelere göre daha üstün olduğu gözlemlenmiştir (Mukhtar ve ark., 2007).

Alkid reçinelerin kalitesini arttırmak amacıyla kauçuk tohumu yağı (RSO) ve kauçuk tohumu yağının metil esterlerinin (MERSO) kullanılması sonucunda MERSO kullanımının fizikokimyasal özellikler açısından daha verimli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca MERSO ile modifiye edilen alkid reçinelerin yüksek kimyasal dayanımına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu alkid reçinelerin, bağlayıcılık özelliklerini arttırmak için fenol formaldehit gibi film oluşturan maddeler ile ilave kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır (Ikhuoria ve ark., 2004). Kapaticılık (örtücülük) özelliklerini geliştirmek amacıyla, akrillendirilmiş Albizia Benth yağı ile N-bütümetakrilat, maleik anhidrit, ftalik anhidrit ve pentaeritritol kimyasal maddeleri modifiye edilmiş alkid reçinelerin karakterizasyonu sonucunda daha iyi kuruma, esneklik, sertlik, darbe ve kimyasal dayanım özellikleri gösterdiği belirlenmiştir (Akintayo ve Adebawale., 2004).Soya yağı esaslı alkid reçinelerle karşılaştırmak amacıyla, Hurma yağı, ftalik anhidrit ve gliserin kullanılarak modifiye edilen alkid reçinelerin, mükemmel yapışma (kavlamama) gösterdikleri ve alüminyum yüzey üzerinde çok iyi bir koruma sağladıkları rapor edilmiştir (Issam ve Cheun, 2009). Alkid bazlı kaplamaların yüksek parlaklık, iyi renk, parlaklığın korunması, iyi ısı ve çözücü direnci ve oksijene dayalı kendi kendine oksitlenme ile çapraz bağlanma mekanizması gibi birçok avantaja sahiptir. Ancak istenen uygulama viskozitesine ulaşmak için organik çözücülerin kullanımının gerekmesi çevresel problemlere sebep olmaktadır. Alkidleri hazırlamak için monogliserit ve yağ asidi prosesi olmak üzere başlıca 2 yöntem vardır. Monogliserit prosesinde, monogliserit ürünü oluşturmak için polialkol ile gliserolün ester değişim tepkimesiyle tohum yağı kullanılır.

İkinci aşamada, ester değişim tepkimesi ile alkid reçine oluşturmak için monogliseric prosesine ftalik anhidrit gibi polibazik asit eklenir. Yağ asidi prosesinde, yağ asidi, poliöl ve dibazik asit hepsi bir adımda tepkimeye girer. Monogliseric prosesi maliyet açısından yağ asidi prosesine göre daha avantajlı iken, yağ asidi prosesinde prosesin kontrolü monogliseric prosesine göre daha avantajlıdır (Wicks ve ark., 1999).

Boya endüstrisinde çevresel endişeleri yok etmek için mümkün olan bir çözüm yöntemi de yeni reaktif seyrelticilerin geliştirilmesidir. Boya formülasyonlarında bu malzemeler organik çözücü olarak kullanılırlar fakat bunlar kürlenme işlemi sırasında filmin içine sızarlar.

Tung yağı bazlı malzemeler radyo frekanslarına dayanıklı seyreltici reaktifler olarak kullanılırlar (Poortere, 1978). Bundan başka, tung yağı yaygın olarak alkidlerin kendi kendine oksitlenmesinde reaktif seyreltici olarak kullanılır. Çoğu tohum yağlarının aksine, tung yağı konjuge yağıdır. Sonuç olarak, konjuge tung yağı, alkid reçinelere konjuge olmayan kuruyan yağlardan daha hızlı kuruma süresi ve daha iyi su direnci ve yüksek sertlik kazandırır. Tung yağı Aleurites fordii bitkisinden türetilen konjuge kuruyan yağ olduğu için, tung yağının kuruma mekanizması konjuge olmayan tohum yağlarından açıkça daha farklıdır (Wicks, 1999). Diels Alder tepkimesi ile alkilsiloksan, triallil eter ve florürlenmiş gibi farklı fonksiyonel gruplarının tung yağı ile modifikasyonu ile 3 yeni reaktif seyreltici hazırlamışlardır (Soucek ve Wutticharoenwong, 2009). Soya, keten tohumu, ayçiçek, aspir, gibi tohum yağları, alkid hazırlanmasında kullanılabileceği tespit edilmiştir. Keten tohumu bazlı alkid sistemlerin viskozitesi reaktif seyrelticilerin bu sistemlere eklenmesiyle azaldığı ek olarak, reaktif seyrelticili formülasyonlar daha hızlı kuruma süresine ve daha iyi boya özelliklerine sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır (Soucek ve Wutticharoenwong, 2011). Soucek ve arkadaşları tung ağacı yağından Diels Alder tepkimeleri ile reaktif seyrelticiler hazırlayarak bunları soya alkid reçineleri ile birlikte kurutucu ve ıslatıcı ajanlarla karıştırmışlardır. Elde ettikleri örneklerin gerilme, termomekanik ve kaplama özelliklerini değerlendirmişlerdir.

Bu çalışma sonucunda modifikasyon işleminin sertlik, çözücü direnci, çarpma direnci, yapışma (kavlamama) ve parlaklık gibi boyanın film özelliklerine olumsuz bir etki göstermediğini tespit etmişlerdir (Soucek ve ark., 2012). Pratap ve arkadaşları, az miktarda gliserol ve sterol içeren yağ asitlerinin önemli bir kaynağı olan ayçiçeğinden düşük maliyetli alkoliz ve poliestereleşme yöntemlerini kullanarak farklı oranlarda ftalik ve maleik anhidrit içeren alkid reçineleri sentezlemişlerdir. Elde ettikleri alkid reçinenin yapısını FT-IR, NMR kullanarak incelemişlerdir. Alkid reçine içindeki maleik anhidrit oranı arttıkça kuruma özelliğinin önemli ölçüde artmış olduğunu tespit etmişlerdir.

Alkid reçinelerin kuruma süresi, kalem sertliği, yapışma (kavlamama), parlaklık ve kimyasal direnç özellikleri incelendiğinde bu modifiye edilmiş alkidlerin yüzeylerde kaplama olarak kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır (Pratap ve Chiplunkar, 2016).

Kahraman ve arkadaşları boyalarda kullanılan alkid reçineleri soya yağı ile modifiye etmişlerdir. Bu modifiye alkid reçinelerine huntit, Aerosil R972, talk, titanyum dioksit, kurutucu ve ıslatıcı gibi çeşitli katkı maddeleri eklemişlerdir. Tüm formülasyonlar kâğıt tabaka üzerine uygulanarak oda sıcaklığında kurutmuşlardır. Elde edilen kaplamalara kalem sertliği, kimyasal direnç gibi fiziksel testler yapmışlardır. Isısal ve morfolojik özellikler için TGA ve SEM sonuçlarından faydalanmışlardır. Çalışma sonucunda Aerosil R972 ve huntit miktarının boyalarda ısısal dayanımı arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır (Kahraman ve ark., 2014). Mattos ve arkadaşları %54-59 oranında soya yağı ile modifiye edilmiş alkid reçinelerin antikorozyon performansını değerlendirmişlerdir. Bunun için soya yağı ile modifiye edilmiş alkid reçineleri kaplama olarak uygulamışlar ve bunlara çeşitli ortam testleri (tuzlu su, endüstriyel ortam, doğal ortam gibi) yapılarak sonuçlarını değerlendirmişlerdir.

Çalışma sonucunda boya kaplamalarında modifikasyon işleminin olumlu sonuçlar verdiği ulaşımlardır (Mattos ve ark., 2010). Ezeh ve arkadaşları alkoliz ve poliestereleşme yöntemini kullanarak Hura crepitans yağı ile sentezlenen alkid reçinelerin kaplama özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda bu bitkisel yağın bağlayıcılık özelliğini arttırdığını ve kaplama endüstrisinde alternatif olarak kullanılabilmesi sonucuna ulaşımlardır (Ezeh ve ark., 2012). Jatropha Curcas Linnaeus tohumu yağı, Jatropha ve Rapeseed yağları, Yellow Oleander (Thevetia Peruviana) tohumu yağı, kauçuk tohumu yağı, Hura Crepitans tohumu yağı, ve kanola yağı gibi farklı yağlarla modifiye edilmiş alkid alkid reçinelerinin yüzey kapaticılık özellikleri incelenmiştir (Kumar ve ark., 2010; Boruah ve ark., 2012; Odetoye ve ark., 2012; Patel ve ark., 2008; Bora ve ark., 2014; Okieimen ve Aigbodion, 1997; Ezeh ve ark., 2012; Nimbalkar ve ark., 2010 ).

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Tez Çalışmasının Amacı

Bu tez çalışmasının amacı üç farklı dienofil kullanılarak aspir yağından hazırlanan reaktif seyrelticiler, soya yağı bazlı alkid reçineden hazırlanan boya ile özelliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Bu kapsamda reaktif seyrelticiler birbirinden farklı üç dienofil türü ile aspir yağının Diels-Alder tepkimeleri ile modifiye edilmesiyle hazırlanmıştır. Değişik oranlarda reaktif seyrelticiler içeren soya yağı bazlı alkid boya formülasyonları hazırlanmış ve kür işleminden sonra elde edilen boya örneklerinin ısısal, yapısal, viskoelastik ve mekanik özelliklerinin incelenmiştir. Bundan başka parlaklık, yapışma kavlamama, gibi geleneksel boya testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yeni alkid örneklerinin boya formülasyonlarında bağlayıcı olarak kullanılıp kullanılmayacağını araştırılmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda kullanılan reaktif seyrelticiler, aspir yağının üç farklı dienofil türü ile Diels-Alder tepkimeleri sonucunda sentezlenmiştir. Bu dienofiller; Metakriloksipropiltrimetoksisilan (MAS), 2,2,2-trifloroetil metakrilat (TFEM), Triallil eter akrilat (TAEA) olarak belirlenmiştir.

Soya yağı bazlı alkid reçine (bağlayıcı), elde edilen reaktif seyrelticiler, ıslatıcı ve kurutucu ajanlar ile karıştırılarak etüvde kür işlemi ve daha sonra otooksidasyon işlemi için oda sıcaklığında kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Formülasyonlar reaktif çeşidi ve kütlece yüzdesinin fonksiyonu olarak hazırlanmıştır. Sentez öncesi ve sonrası elde edilen ürünlere karakterizasyon testleri yapılmış olup, elde edilen yeni alkid örnekleri literatürden belirlenen formülasyonlarda hazırlanarak uygulama testleri yapılmıştır.

Tez çalışması 5 aşamada tamamlanmıştır. Bu aşamalar;

- 1- Reaktif seyrelticilerin hazırlanması için gerekli malzemelerin temin edilmesi ve deney setinin hazırlanması
- 2- Tez çalışmasında kullanılan aspir yağının karakterizasyonu
- 3- Aspir yağının Diels-Alder tepkimeleri ile farklı dienofiller (MAS, TFEM, TAEA) kullanılarak reaktif seyrelticilerin hazırlanması ve karakterizasyonu
- 4- Soya yağı bazlı alkid reçinenin belirli oranlarda reaktif seyrelticiler ile karıştırılması ve elde edilen ürünlerle boya formülasyonu hazırlanması, uygulanması, kürlenmesi ve boya filmlerinin elde edilmesi
- 5- Elde edilen boya filmi örneklerinin ısısal, yapısal, viskoelastik ve mekanik analizlerinin yapılarak, film testlerinin yapılması olarak gerçekleştirilmiştir.

#### **4.2. Tez Çalışmasında Kullanılan Kimyasal Maddeler**

Tez çalışması kapsamında kullanılan kimyasal maddeler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Kimyasal maddeler Hitit Üniversitesi B.A.P birimi tarafından FBE19004.17.002 numaralı proje ile temin edilmiştir. Kimyasalların bir kısmı da AKPA Kimya, ALFA Kimya ve Kayseri yağ fabrikası gibi sektörlerden temin edilmiştir.

**Çizelge 4.1.**Tez çalışmasında kullanılan kimyasallar

<b>Kimyasal adı</b>	<b>Temin</b>
Aspir yağı	Kayseri Yağ Fabrikası
Metakriloksipropiltrimetoksisilan (MAS) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
2,2,2-trifloroetil metakrilat (TFEM) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Pentaeritrolallileter (PEAE) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Fenotiyazin(Sigma Aldrich)	B.A.P.
Akrilik asit (AA) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
p-toluen sulfonik asit (p-tsa) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Toluen (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Diklorometan (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Susuz dietil eter (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Sodyum bikarbonat (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Susuz magnezyum sülfat (MgSO <sub>4</sub> ) (Sigma Aldrich)	B.A.P.
Saf su	OMÜ KMB LAB.
İnert gaz (Basınçlı N <sub>2</sub> tüpü)	OMÜ KMB LAB.
Islatıcı ajan (Zirkonyum, Kalsiyum, Kobalt)	AKPA Kimya
Kurutucu ajan	AKPA Kimya
Soya yağı bazlı alkid reçine	ALFA Kimya
Aseton (Tekkim)	OMÜ KMB LAB.

### 4.3. Tez Çalışmasında Kullanılan Malzemeler

Tez çalışması kapsamında kullanılan malzemeler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Deneyler; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan Araştırma Laboratuvarında (OMÜ KMB LAB.) gerçekleştirilmiştir. Deneyler için gerekli olan cam malzemeler, geri soğutucu, ısı çift ve manyetik balık Hitit Üniversitesi B.A.P birimi tarafından FBE19004.17.002 numaralı proje ile temin edilmiştir. TAEA sentezi sırasında vakumla uzaklaştırma işlemi için vakumlu etüv kullanılmıştır. Elde edilen boya formülasyonu test edilmek amaçlı film uygulayıcı (aplikatör) yardımı ile yüzeyi düz , pürüzsüz ve temiz alüminyum plakalara film şeklinde uygulanmıştır.



Uygulanan boya filmi örneklerinin kür işlemleri için MEMMERT marka etüv kullanılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında kurutma yapılmıştır.

**Çizelge 4.2.** Tez çalışmasında kullanılan malzemeler

<b>Kimyasal adı</b>	<b>Temin</b>
Ceketli manyetik karıştırıcılı ısıtıcı (M-TOPS)	OMÜ KMB LAB.
Çeker ocak (NUKLEON)	OMÜ KMB LAB.
Vakumlu Etüv (JSVO-30T)	OMÜ KMB LAB.
250 mL 3 boyunlu yuvarlak cam balon ISOLAB	B.A.P.
500 mL 3 boyunlu yuvarlak cam balon ISOLAB	B.A.P.
Geri soğutucu (ISOLAB)	B.A.P.
Isıl çift	OMÜ KMB LAB.
Manyetik balık (ISOLAB)	B.A.P.
Çalkalamalı su banyosu (BS 21)	OMÜ KMB LAB.
8 cm x 10 cm Aliminyum plaka	Samsun Sanayi
Film uygulayıcı (Aplikatör)	Deniz Yalıtım A.Ş. (Çorum)
Etüv (MEMMERT)	OMÜ KMB LAB.

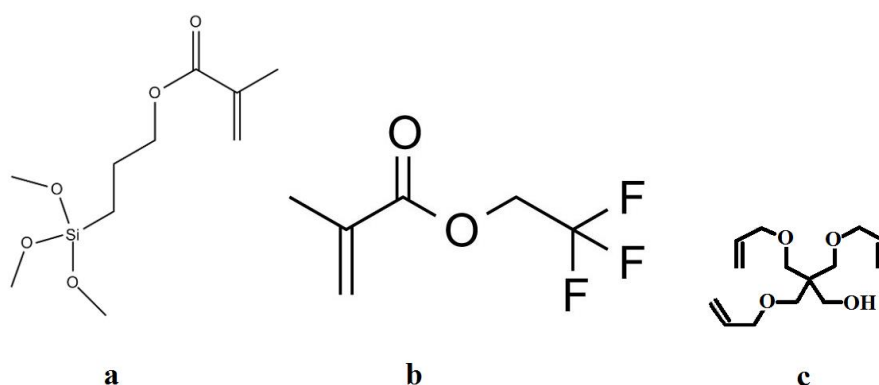
#### **4.4. Reaktif Seyreltici Hazırlama Deney Düzenegi**

Diels-Alder tepkimeleri ile üç farklı dienofil (MAS, TFEM, TAEA) eşliğinde aspir yağından reaktif seyrelticiler  $N_2$  ortamında, ısıl çift, geri soğutucu, manyetik karıştırıcılı ceketli ısıtıcı, üç boyunlu yuvarlak balondan meydana gelen çeker ocaktaki bir deney setinde hazırlanmıştır.

## 4.5. DeneYlerin Yapılması

### 4.5.1. Reaktif seyreltici hazırlama

Tez çalışması kapsamında MAS, TFEM ve TAEA dienofilleri kullanılarak üç farklı reaktif seyreltici hazırlanmıştır. Bu dienofillerin yapıları Şekil 4.1’de ve özellikleri Çizelge 4.3’te gösterilmiştir. Yukarıda bahsedilen deney düzeneğinde çeker ocakta, kimyasal maddeler 3 boyunlu yuvarlak cam balon içerisine konulmuştur ve geri soğutucu bağlanan balondan 15 dk N<sub>2</sub> geçirilmiştir. Daha sonra bu balon ısıtıcı manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak eşliğinde Diels-Alder tepkimesinin gerçekleşmesi için gereken sıcaklığa kadar belirli bir süre boyunca ısıtılmıştır. Sıcaklık kontrolü için ısı çifti kullanılmıştır.



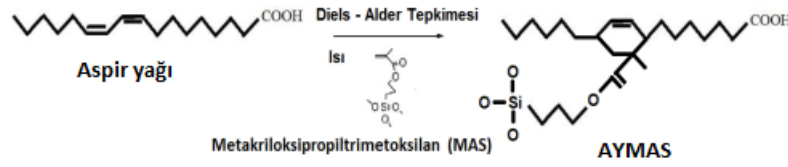
Şekil 4.1. a) MAS b) TFEM ve c) PETAE dienofillerinin kimyasal yapısı

Çizelge 4.3. MAS, TFEM ve TAEA dienofillerinin özellikleri

Dienofil türü	MAS	TFEM	PETAE
Molekül ağırlığı (g/mol)	248.35	168.11	256.34
Molekül formülü	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>5</sub> Si	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> F <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub>
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> ) (25 °C’de )	1.045	1.317	0.985

#### 4.5.1.1. Aspir yağının siloksan fonksiyonel grubu ile sentezlenmesi (AYMAS)

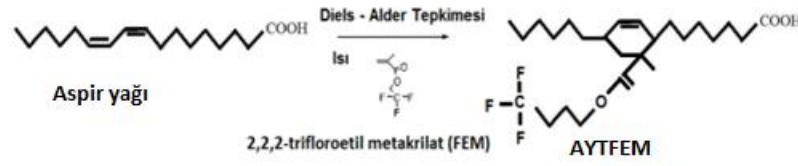
80 g aspir yağı, 27,2 g MAS ve 1 g fenotiyazin 250 ml 3 boyunlu yuvarlak balona koyulmuştur. Balona sıcaklık kontrolü yapmak amacıyla ısı çift yerleştirilerek, geri soğutucu eşliğinde çeker ocak içinde deney düzeneği oluşturulmuştur. Karışım 15 dakika inert ( $N_2$  gazı) atmosferden geçirilmiştir. Sıcaklık  $180\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkartılarak 3 saat beklenmiştir ve oda sıcaklığında soğutulmuştur ve elde edilen ürün AYMAS olarak adlandırılmıştır. Deneyler sırasında meydana gelen Diels-Alder tepkimesi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. AYMAS, güneş ışığından korumak amaçlı amber renkli kahverengi ağzı kapaklı şişelerde saklanmış olup,  $^{13}\text{C}$ -NMR,  $^1\text{H}$ -NMR ve FT-IR yöntemleri ile karakterize edilmiştir.



Şekil 4.2. Aspir yağının siloksan fonksiyonel grubu ile sentez tepkimesi (AYMAS)

#### 4.5.1.2. Aspir yağının florür fonksiyonel grubuyla sentezlenmesi (AYTFEM)

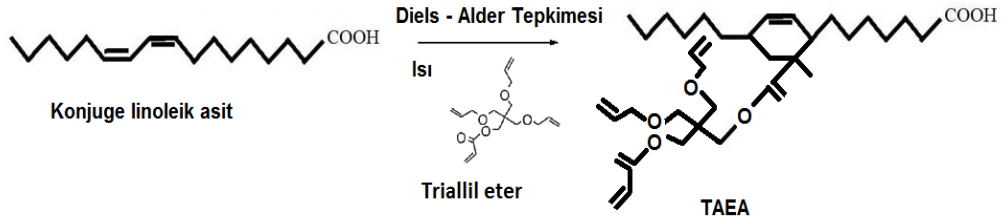
120 g Aspir yağının, 27,6 g TFEM ve 2 g fenotiyazin 250 ml 3 boyunlu yuvarlak balona konulmuştur. Balona sıcaklık kontrolü yapmak amacıyla ısı çift yerleştirilerek, geri soğutucu eşliğinde çeker ocak içinde deney düzeneği oluşturulmuştur. Karışım 15 dakika inert ( $N_2$  gazı) atmosferden geçirilmiştir. Sıcaklık  $180\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkartılarak 3 saat beklenmiştir ve oda sıcaklığında soğutulmuştur ve elde edilen ürün AYTFEM olarak adlandırılmıştır. Deneyler sırasında meydana gelen Diels-Alder tepkimesi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. AYTFEM, güneş ışığından korumak amaçlı amber renkli kahverengi ağzı kapaklı şişelerde saklanmış olup,  $^{13}\text{C}$ -NMR,  $^1\text{H}$ -NMR ve FT-IR yöntemleri ile karakterize edilmiştir.



**Şekil 4.3.** Aspir yağının florür fonksiyonel grubuyla sentezlenmesi (AYTFEM)

#### 4.5.1.3. Aspir yağının allil eter fonksiyonel grubu ile sentezlenmesi (AYTAEA)

Deney 2 aşamada yapılmıştır. İlk aşamada çeker ocak içinde modifikasyon işlemi için gerekli olan TAEA, PETAE ve AA'nın esterleşmesi sonucu elde edilmiştir. İlk aşamada 143 g PETAE, 1 g fenotiyazin, 0,67 g p-tsa ve 200 ml diklorometan 3 boyunlu 500 ml yuvarlak balonda geri soğutucu eşliğinde 120 °C'de 3 saat ısıtılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında soğutulmuştur. Diklorometan vakumlu etüv yardımıyla vakumla uzaklaştırılmıştır. Daha sonra 200 ml susuz dietil eter eklenmiştir. Kütlece %5'lik 200 ml Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi yavaşça eklenmiştir. Organik tabaka saf su ile yıkanır ve 50 g susuz MgSO<sub>4</sub> ile kurutulmuştur. Trialil eter akrilat elde etmek için çözücü vakumda uzaklaştırılmıştır. İkinci aşamada oluşan 28 g TAE 160 g aspir yağ ve 3.2 g fenotiyazin ile 250 ml 3 boyunlu yuvarlak balona koyulmuştur. Balona sıcaklık kontrolü yapmak amacıyla ısı çift yerleştirilerek ve geri soğutucu bağlanmış olup çeker ocak içinde deney düzeneği oluşturulmuştur. Karışım 15 dakika N<sub>2</sub> gazı atmosferinden geçirilir. Sıcaklık 120 °C'ye çıkartılarak 5 saat beklenerek ve oda sıcaklığında soğutulmuştur ve elde edilen ürün TAEA olarak adlandırılmıştır. Deneyler sırasında meydana gelen Diels- Alder tepkimesi Şekil 4.4'te gösterilmiştir. TAEA, güneş ışığından korumak amaçlı amber renkli kahverengi ağzı kapaklı şişelerde saklanmış olup, <sup>13</sup>C-NMR, <sup>1</sup>H-NMR ve FT-IR yöntemleri ile karakterize edilmiştir.



Şekil 4.4. Aspir yağının allil eter fonksiyonel grubu sentezlenmesi (AYTAEA)

#### 4.5.2. Reaktif seyreltilici soya yağı bazlı alkid ile boya hazırlanması

Sentezlenen üç farklı reaktif seyreltilici (AYMAS, AYTREM, AYTAEA) belli oranlarda soya yağı bazlı alkid reçine, ıslatıcı ve kurutucu ajanlarla ile sıcaklığı 20 °C olan çalkalamalı su banyosu kullanılarak 180 rpm’de tam karışmanın sağlanabilmesi için 1 gün boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma sonrasında 13 adet farklı alkid reçine örneği elde edilmiştir. Elde edilen boya örneklerinin kodları, içerikleri ve miktarları Çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Boya örneklerinin tanımlanması, içerikleri ve miktarları

Boya	Reaktif Seyreltilici %	Alkid reçine %	Kurutucu %	Islatıcı %
SYA	0	97	2	1
AYMAS10-SYA	10	87	2	1
AYMAS20-SYA	20	77	2	1
AYMAS30-SYA	30	67	2	1
AYMAS40-SYA	40	57	2	1
AYTFEM10-SYA	10	87	2	1
AYTFEM20-SYA	20	77	2	1
AYTFEM30-SYA	30	67	2	1
AYTFEM40-SYA	40	57	2	1
AYTAEA10-SYA	10	87	2	1
AYTAEA20-SYA	20	77	2	1
AYTAEA30-SYA	30	67	2	1
AYTAEA40-SYA	40	57	2	1

Çizelge 4.4'e göre AYMAS10-SYA, AYMAS20-SYA, AYMAS30-SYA ve AYMAS40SYA örnekleri sırasıyla %10, 20, 30 ve 40 oranlarında AYMAS reaktif seyreltici, sırasıyla %87, 77, 67, 57 oranında soya yağı bazlı alkid reçine, %2 oranında kurutucu ve %1 oranında ıslatıcı maddeler içermektedir. Benzer şekilde AYTFEM10-SYA, AYTFEM20-SYA, AYTFEM30-SYA ve AYTFEM40-SYA örnekleri sırasıyla %10, 20, 30 ve 40 oranlarında TFEM reaktif seyreltici, sırasıyla %87, 77, 67, 57 oranında soya yağı bazlı alkid reçine, %2 oranında kurutucu ve %1 oranında ıslatıcı maddeler içermektedir. AYTAEA10-SYA, AYTAEA20-SYA AYTAEA30-SYA ve AYTAEA40-SYA örnekleri sırasıyla %10, 20, 30 ve 40 oranlarında TAEA reaktif seyreltici, sırasıyla %87, 77, 67, 57 oranında soya yağı bazlı alkid reçine, %2 oranında kurutucu ve %1 oranında ıslatıcı maddeler içermektedir.

#### **4.5.3. Reaktif seyrelticili boya filmi hazırlanması**

Çizelge 4.4'e göre elde edilen boya örnekler 8 cm x 10 cm alüminyum plakalar üzerine uygulayıcı (aplikatör) ile uygulanmıştır. Plakalar aseton ile temizlenmiştir. Uygulamadan sonra boya filmi örnekleri etüvde 2 saat 120 °C'de ve bunun sonrasında 3 saat 160 °C'de kür işleminden sonra 7 gün oda sıcaklığında tam kurumaya bırakılmıştır.

#### **4.6. Tez Çalışmasında Kullanılan Karakterizasyon Yöntemleri**

Tez çalışması 5 aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşama; modifikasyonlar için gerekli malzeme ve kimyasalların temin edilmesi ve deney düzeneğinin kurulmasıdır. İkinci aşama; linoleik yağ asidi içerdiği için, dien görevi gören aspir yağının farklı dienofillerle Diels-Alder tepkimeleri ile modifikasyonudur ve elde edilen ürünlerin belirli tekniklerle karakterizasyonudur. Bu işlemler, öncelikle Diels-Alder tepkimelerinde dien olarak kullanılacak aspir yağının içerisinde bulunan yağ asitlerin tespitidir.

Bunu tespit etmek için gaz kromatografisi (GC) den yararlanılmıştır. Deneyle için gerekli olan bir başka parametre ise aspir yağının bozunma sıcaklığı ve kristallenme noktasıdır. Bunun sebebi çalışma sıcaklığının belirlenmesi için Aspir yağının bozunma sıcaklığının ve kristallenme noktasının bilinmesi gerekmektedir.

Bu sebeple Aspir yağı Termogravimetrik analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizleri ile incelenmiştir. Ek olarak Nükleer Manyetik Rezonans (C-NMR, H-NMR) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) tekniklerinden yararlanılmıştır. Üçüncü aşamada aspir yağı farklı dienofillerle Diels-Alder tepkimeleri ile modifiye edilmiştir. Elde edilen ürünlere (AYMAS, AYTREM, AYTAEA) FT-IR ve NMR karakterizasyon testleri yapılmıştır. Dördüncü aşamada elde edilen üç farklı reaktif seyreltici, ALFA Kimya'dan hazır olarak temin edilmiş soya yağı bazlı alkid sisteme belli oranlarda karıştırılarak yeni boya formülasyonları elde edilmiştir. Elde edilen boya formülasyonları aliminyum yüzeylere uygulanmış, belirli sıcaklıklarda kurlenme işleminden sonra kurumaya bırakılarak boya filmleri elde edilmiştir.

Beşinci aşamada ise boya formülasyonlarının uygulanması ile elde edilmiş boya filmi örneklerini TGA, DSC, SEM, DMA gibi ısısal, yapısal, viskoelastik ve mekanik, analizler yapılmıştır ve bu boya örneklerine viskozite ölçümleri yapılarak, uygulama sonrası elde edilen boya filmi örneklerine kuruma derecesi film kalınlığı, parlaklık ve renk kontrolü, kavlama derecesi (yapışma) gibi geleneksel boya testleri yapılmıştır.

#### **4.6.1. Gaz kromatografisi (GC) yöntemi**

Bu tez çalışmasının ikinci aşamasında Diels-Alder tepkimeleri ile reaktif seyreltici hazırlanması aşamasında dien görevi üstlenen aspir yağının çift bağ içeriği GC ile tespit edilmiştir. Aspir yağındaki çift bağların temsili olan linoleik asit oranı Perkin Elmer Clarus 680 model gaz kromatografisi cihazında yapılmıştır. SGE, BPX70 kapiler kolon (60 mm x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılmıştır.

GC’de kullanılan yöntemi TS EN ISO 12966-2’ye göre yapılmıştır. Bu yönteme göre yağ asitleri metil esterlerinin hazırlanması için, 10 ml’ lik vida kapaklı cam tüp içerisine yaklaşık 100 mg yağ örneği tartılarak, üzerine 10 ml n-heptan eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra tüplere 0,5 mL 2 N metanol ile hazırlanmış KOH eklenip ağzı sıkıca kapatılarak hızlı bir şekilde 30 saniye karıştırılmıştır.

Faz ayrımı için örnekler en az iki saat beklendikten sonra metil esterlerini içeren üst faz bir pastör pipeti yardımıyla viallere alınarak ve gaz kromatografisi cihazı ile analiz edilmiştir.

#### **4.6.2. Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemi**

TGA yöntemi bu tez çalışmasının ikinci ve dördüncü aşamalarında kullanılmıştır. Tez çalışmasının ikinci aşamasında dien görevi üstlenen aspir yağının bozunma sıcaklığını tespit etmek amacıyla TG analizinden faydalanılmıştır. Bozunma sıcaklığının tespiti Diels-Alder tepkimeleri için gerekli uygun çalışma sıcaklığının belirlenmesi için önemli bir parametredir. Tez çalışmasının dördüncü aşamasında ise uygulama sonrası elde edilen boya filmlerindeki sıcaklığa bağlı olarak kütle kayıplarının sebeplerini ve bozunma sıcaklığını tespit amacıyla TGA yöntemine başvurulmuştur. Aspir yağının bozunma sıcaklığı, TG analizi Shimadzu DTG 60H model termogravimetrik analiz cihazında oda sıcaklığından 500°C’ye kadar 10°C/dk inert atmosferde (N<sub>2</sub> ortamında) platin krozede gerçekleştirilmiştir. Boya filmlerinin TG analizleri ise oda sıcaklığından 500°C’ye kadar 10°C/dk azot ve hava akışında platin krozede gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak Freeman-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre aktifleşme enerjileri (E<sub>A</sub>), tepkime derecesi (n) ve regresyon katsayıları (R<sup>2</sup>) hesaplanmıştır.



#### **4.6.3. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) yöntemi**

Tez çalışmasının ikinci ve üçüncü aşamalarında bu yöntemden faydalanılmıştır. İkinci aşamada dien görevi gören aspir yağındaki çift bağların varlığının tespiti için ve buna ek olarak üçüncü aşamada modifiye edilmiş AYMAS, AYTREM, AYTAEA için çift bağların yerini halkalı yapıların alıp almadığının kontrolünü yapmak amacıyla FT-IR yönteminden faydalanılmıştır. FT-IR pikleri 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında Perkin Elmer cihazında elde edilmiştir. Çözünürlük 4  $\text{cm}^{-1}$  ve 4 taramadır.

#### **4.6.4. Nükleer manyetik rezonans (NMR) yöntemi**

Tez çalışmasının ikinci ve üçüncü aşamalarında bu teknikten faydalanılmıştır. İkinci aşamada dien görevi gören aspir yağındaki çift bağların varlığının tespiti için ve buna ek olarak üçüncü aşamada modifiye edilmiş AYMAS, AYTREM ve AYTAEA için çift bağların yerini halkalı yapıların alıp almadığının kontrolünü yapmak amacıyla NMR yönteminden faydalanılmıştır. NMR analizleri için  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F}$  ve  $^{31}\text{P}$  problemlerine sahip Bruker AVANCE III 400 MHz cihazı ile yapılmıştır. Çözücü olarak kloroform kullanılmıştır.  $^{13}\text{C}$  verileri 500 MHz'de -10.00 ppm ve 150.00 ppm arasında kaydedilmiştir.

#### **4.6.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yöntemi**

Tez çalışmasının beşinci aşamasında uygulanan boya filmlerinin homojenliği ve yapısal özelliklerini tespit etmek amacıyla SEM analizi yapılmıştır. SEM görüntüleri JEOL JSM-7001F Field Emission Scanning Electron Microscope kullanılarak elde edilmiştir.

#### 4.6.6. Dinamik mekanik analiz (DMA) yöntemi

Tez çalışmasının beşinci aşamasında uygulanan boya filmlerinin viskoelastik özelliklerini tespit etmek amacıyla DMA analizi yapılmıştır. Örnekler 1 Hz frekansta, 5 °C/dk ısıtma hızı ile 0 °C'den 150 °C'ye kadar ısıtılmıştır. DMA yönteminin prensibi malzemeye bir titreşim kuvveti uygulamaya dayanır ve numunede meydana gelen yer değiştirme ölçülür. Bundan sertlik tayin edilebilir ve  $\tan\delta$  hesaplanabilir.

Tan  $\delta$ , kayıp bileşenin depolama bileşenine oranıdır. Tan $\delta$  sıcaklığa göre çizilir ve camsı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) pik olarak gözlenir. Malzeme mekanik stres altında deforme edilirken uygulanmış kuvvete göre yer değiştirmedeki faz kaymasını ölçerek malzemenin damping (enerji kaybı) özelliklerini tayin etmek mümkündür.

#### 4.6.7. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) yöntemi

DSC yöntemi bu tez çalışmasının ikinci ve dördüncü aşamalarında boya filmlerinin ısısal özelliklerin tespit edilmesinde kullanılmıştır. Tez çalışmasının ikinci aşamasında dien görevi üstlenen aspir yağının kristallenme sıcaklığını tespit etmek amacıyla DSC yönteminden faydalanılmıştır. DSC analizleri TA Q-2000 DSC cihazı ile yapılmıştır. Cihazda kullanılan yöntemin özeti Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Buna ek olarak tez çalışmasının üçüncü aşamasında ise uygulama sonrası boya filmi örneklerinin camsı geçiş sıcaklığını ( $T_g$ ) tespit etmek amacıyla DSC yöntemie başvurulmuştur. Bulunan sonuçlar DMA yöntemi ile belirlenen sonuçlar ile karşılatırılmıştır.

**Çizelge 4.5.** Kristallenme sıcaklığı için DSC analiz yöntemi

<b>Cihaz adı</b>	<b>TA Q-2000 DSC</b>
Örnek Miktarı	3±0.5 mg
Gaz	Azot (N <sub>2</sub> )
Akış Hızı	50 ml/dk
Sıcaklık aralığı	-80 °C to 20 °C
Ramp hızı	10 °C/dk

**Çizelge 4.6.** Camı geçiş sıcaklığı için DSC analiz yöntemi

<b>Cihaz adı</b>	<b>TA Q-2000 DSC</b>
Örnek Miktarı	3±0.5 mg
Gaz	Azot (N <sub>2</sub> )
Akış Hızı	50 ml/dk
Sıcaklık aralığı	0 °C to 250 °C
Ramp hızı	10 °C/dk

#### **4.6.8. Mekanik test yöntemi**

Tez çalışmasının dördüncü aşamasında elde edilen boya film örneklerinin mekanik özellikleri Malzeme Test Çekme Cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yaklaşık 10 mm genişliğinde ve 10 mm uzunluğundaki film örneklerine 10 mm/dk çekme hızında 100 N uygulanarak kopma gerilimi ( $\sigma$ ), uzama miktarı (mm) ve elastisite modülü değerleri belirlenmiştir.

#### **4.7. Tez Çalışmasında Kullanılan Test Yöntemleri**

##### **4.7.1. Viskozite ölçüm yöntemi**

Tez çalışmasının dördüncü aşamasında elde edilen boya filmi örneklerinin viskozitesi Fungilab S.A V.1.2. Alpha Series Viskozimetresi kullanılarak tespit edilmiştir.

Viskozite ölçümlerinde dikkat edilmesi gereken sıvılara uygun çubukların (spindle) seçilmesidir. Viskozite ölçümleri L4 kodlu çubuk ile 20 devir/dakika hızla, 4-5 mL'lik örneklerle 25 °C'de yapılmıştır. L4 tipi spindle seçilerek uygun rpm'de viskozite ölçülmüştür. Uygun rpm değeri şu şekilde tespit edilmiştir. L4 çubuğu sıvıya daldırılarak ölçüm alınmaya başlanmıştır. Cihazda 0-100 rpm arasında çeşitli devir hızlarında ölçümlerin güvenilirliğini veren bir %V değeri bulunmaktadır. Bu % V değeri %85-%90 değeri arasında ise viskozite değeri okunur.

#### **4.7.2. Kuruma süresi ve derecesi tespit yöntemi**

Boyalarda kuruma fırında yapılacaksa kuruma süresi belirlidir. Boyanan parça belirli sıcaklıkta, belirli bir süre bekletilmelidir. Hava kurumalı boyaların kuruması ise, oldukça uzun bir süreçtir. Tez çalışmasının beşinci aşamasında alüminyum yüzey üzerine uygulanmış boya filmi örneklerinin kuruma derecesini tespit etmek amacıyla DIN 53 150 Alman standardına uygun ortam modellenmiştir. Alüminyum levhalar üzerine 150 µm'lik film uygulayıcı ile boya filmleri çekildikten sonra bunların kurumaları 20±1 °C'de kontrol edilmiştir.

Kontroller, 5., 10., ve 15. dakikalarda, 15 dakikadan sonra 4 saate kadar 15 dakikada bir, 4 saatten sonra her 30 dakikada bir olmak üzere 8 saate kadar ve bundan sonra, 24., 48., ve 72. saatlerde ve 7x24= 168. Saatlerde (1 hafta) yapılır. Öncelikle parmağımızı dokundurma suretiyle filmin elimize yapışıp yapışmadığı test edilmiş, bu aşamadan sonra, DIN 53 150'ye göre 7 kuruma derecesi test edilmiştir. Bu yöntemin esasında;1. kuruma derecesi için, ~ 0.2 mm çapında cam boncuklar, film yüzeyinin 5 cm yukarisından bırakılarak, 10 saniye sonra yumuşak bir fırça ile yüzeyden süpürülmüşlerdir. Eğer kürecikler yüzeyden yapışmadan kolaylıkla süpürülebiliyorsa 1.kuruma derecesine erişilmiştir.

2. ve 3. kuruma dereceleri için, kraft kağıdı film yüzeyine yerleştirildikten sonra, 0,05 N ve 0,5 N'luk kütleler 1 dakika süre ile uygulanmakta ve eğer kağıt yapışmazsa 2. ve 3. kuruma derecelerine erişildiği kabul edilmektedir.

4. ve 5. kuruma derecelerinde ise, kraft kağıdı film yüzeyine yerleştirildikten sonra, 1 dakika süreyle, 5 N'luk kütleler yardımı ile uygulanmakta, 4. kuruma derecesine ulaşıldığında kağıt yapışmamakta fakat iz bırakmakta, 5. Kuruma derecesine ulaşıldığında ise, iz de kalmamaktadır.

Aynı şekilde, 6. ve 7. kuruma derecelerinde ise, 50 N'luk kütleler 1 dakika uygulanmakta, 6. kuruma derecesinde kağıt yapışmamakta fakat iz kalmakta, 7. kuruma derecesine ulaşıldığında ise, iz de kalmamaktadır. Sonuçlar, ele yapışma ve 1-7. kuruma dereceleri olarak verilmiştir.

#### **4.7.3. Film kalınlığı ölçüm yöntemi**

Tez çalışmasının dördüncü aşamasında aliminyum yüzey üzerine film uygulayıcı yardımı ile 6 mil olarak (150 µm) olarak uygulanmış boya film örneklerinin kalınlığını tespit etmek amacıyla Woopower marka film kalınlığı ölçüm cihazı temin edilmiştir. Cihaz belirli kalınlıklar için cihazın kalibrasyonu yapılmıştır.

#### **4.7.4. Parlaklık kontrolü**

Tez çalışmasının dördüncü aşamasında boya filmi örneklerinin parlaklık kontrolü için siyah şablon üzerine uygulanmıştır. Parlaklık kontrolü için PCE-GM 100 marka glossmetre kullanılmıştır. Ölçümler 20°'lik ve 60°'lik açılarda yapılmıştır. Parlaklık yüzeye düşen ışığın yansımaları ile ölçülür. Kalibrasyon için referans camı olarak 60°'lik ölçümde 96,8 Gs parlaklık değeri ve 20°'lik ölçümlerde 94,2 Gs parlaklık değeri ile siyah cam plakası kullanılmaktadır.

#### **4.7.5. Kavrama derecesi (yapışma) tespit yöntemi**

Tez çalışmasının beşinci aşamasında elde edilen boya film örneklerinin kavrama derecesinin (yapışma) tespit edilmesi için Tarama Yöntemi (Kareleme) kullanılmıştır. Yapışma örneğinin uygulandığı yüzeyle kimyasal ve/veya fiziksel kuvvetler vasıtasıyla bir arada tutunmasıdır.

Yapışmanın ölçülmesi için, yapışmayı sağlayan bütün kuvvetlerin toplamının ölçülmesi esasına dayanmaktadır ve bu esasta filmi kavlatmak için gerekli olan kuvvettir.

ASTM D 3359 standardına göre kuru film kalınlığı 120 mikrondan büyük ise 1 cm<sup>2</sup>' lik alan 1 mm ara ile birbirini dik olarak kesen 10 yatay, 10 düşey çizgi çizilerek 100 eşit parçaya bölünmüştür. Yapışkan bant 1 cm<sup>2</sup>' lik alan üzerine yan kenarları yapıştırılmıştır. Bantla panel arasında kalan hava kabarcıkları parmakla ovularak giderilmiştir. Yapışkan bandın bir ucu serbest bırakılarak bu ucundan tutulan bant ani bir hareketle yüzeye dik olarak çekilmiştir. Sonuçlar banda yapışarak boşalan karelerin toplam alana oranı (%) olarak verilmiştir.

#### **4.7.6. Kalem sertliği yöntemi**

Sertleşmiş organik kaplama filminin yüzey sertliğini, standart sertlikteki kurşun kalemler kullanılarak belirlemeye yarayan bir testtir. Kalem sertliği testlerinde, yumuşaktan serte doğru aşağıdaki standart sertlikteki kalemler kullanılır: 6B, 5B, 4B, 3B, 2B, B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H. Zımpara kağıdı kullanılarak ucu kare kesiti verecek biçimde şekillendirilen kalemlerle boyalı yüzey çizilir.

Boya yüzeyinde kalıcı iz bırakan en yumuşak kalemde bir kademe yumuşak olan sertlik derecesi, filmin kalem sertliği olarak belirlenir.

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 5.1. Aspir Yağının Özelliklerinin İncelenmesi

#### 5.1.2. Aspir yağının gaz kromatografisi (GC) sonuçları

Bu çalışmada, reaktif seyreltici hazırlamada kullanılan aspir yağının yağ asidi zincirinde bulunan çift bağlar dienofillerin bağlanma yerleridir. Bu nedenle yağ asitlerinin dienofillerle modifikasyonunun başarılı olabilmesi için en az %70 çift bağ içermesi gerekmektedir. Reaktif seyreltici sentezinde kullanılan aspir yağında bulunan çift bağ içeren oleik ve linoleik yağ asit miktarını belirlemek amacıyla Gaz Kromatografisi (GC) kullanılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

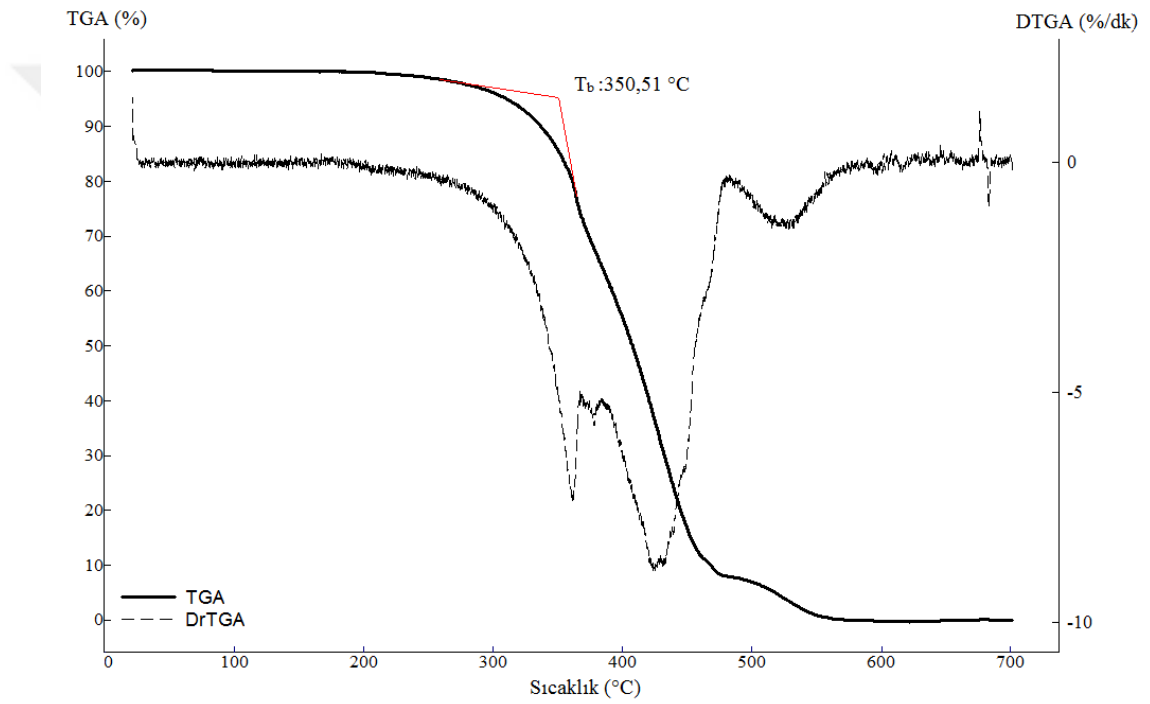
**Çizelge 5.1.** Aspir yağının yağ asidi bileşimi

Örnek	Yağ Asiti	Yağ Asiti Oranı (%)
Aspir yağı	Oleik Asit (C18:1)	17,99
	Linoleik Asit (C18:2)	72,61
	Palmitik Asit (C16:0)	6,55
	Stearik Asit (C18:0)	2,43
	Araşidik Asit (C20:0)	0,32
	Miristik Asit (C14:0)	0,09

Çizelge 5.1’e göre aspir yağı %72,61 oranında linoleik yağ asidi ve %17,99 oranında oleik asit içermektedir. Bu sebeple tez çalışması kapsamında Diels-Alder tepkimelerinde dienofillerle birlikte dien olarak aspir yağının kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

### 5.1.3. Aspir yağının termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları

Bu çalışmada, reaktif seyreltici Diels- Alder tepkimeleri ile hazırlanmıştır. Diels- Alder tepkimelerinin gerçekleştirilme sıcaklığı reaktif seyreltici hazırlamada kullanılan aspir yağının bozunma sıcaklığına göre belirlenir. Bu amaçla aspir yağının bozunma sıcaklığı Termogravimetrik Analiz yöntemi ile belirlenerek sonuçlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



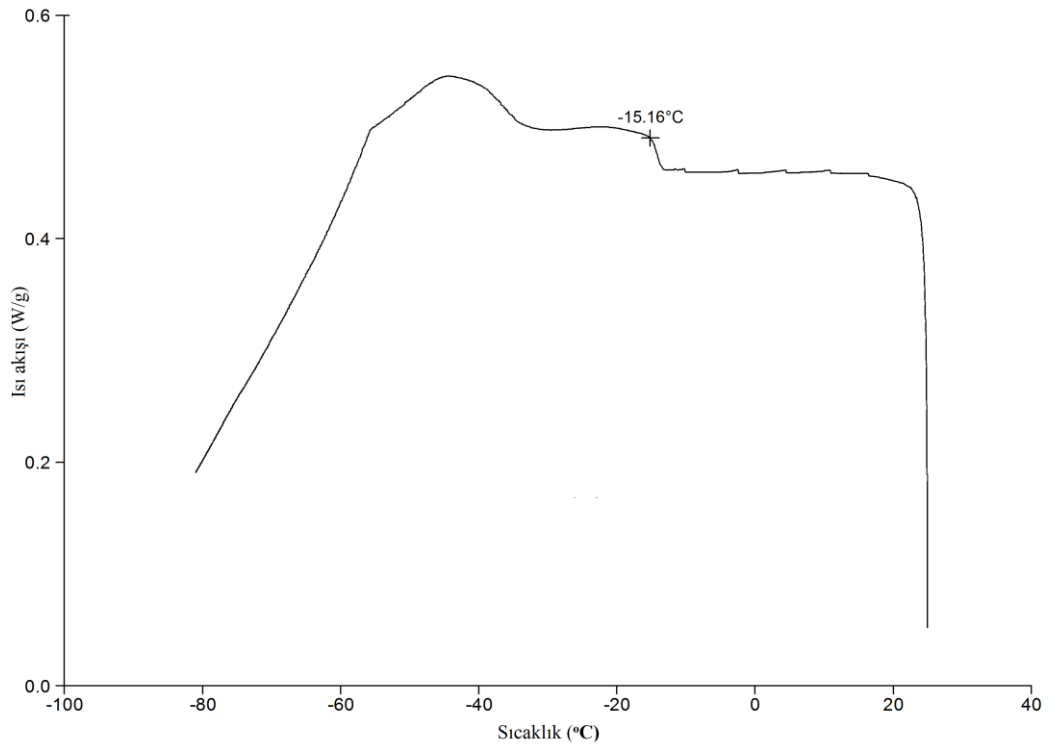
Şekil 5.1. Aspir yağının TGA ve DTGA eğrisi

Şekil 5.1'de gösterilen termograma göre aspir yağının bozunmaya başladığı sıcaklık  $350,51^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiştir. Reaktif seyreltici hazırlanmasında yapılan deneysel çalışmalar bu sıcaklığın altında yapılmıştır.



#### 5.1.4. Aspir yağının diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları

Bu çalışmada kullanılan reaktif seyreltici gelen Diels-Alder tepkimeleri ile hazırlanmıştır. Diels-Alder tepkimelerinin gerçekleştirilme sıcaklığı reaktif seyreltici hazırlamada kullanılan aspir yağının kristallenme sıcaklığına göre belirlenir. Bu amaçla aspir yağının kristallenme sıcaklığı Termogravimetrik Analiz yöntemi ile belirlenerek sonuçlar Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

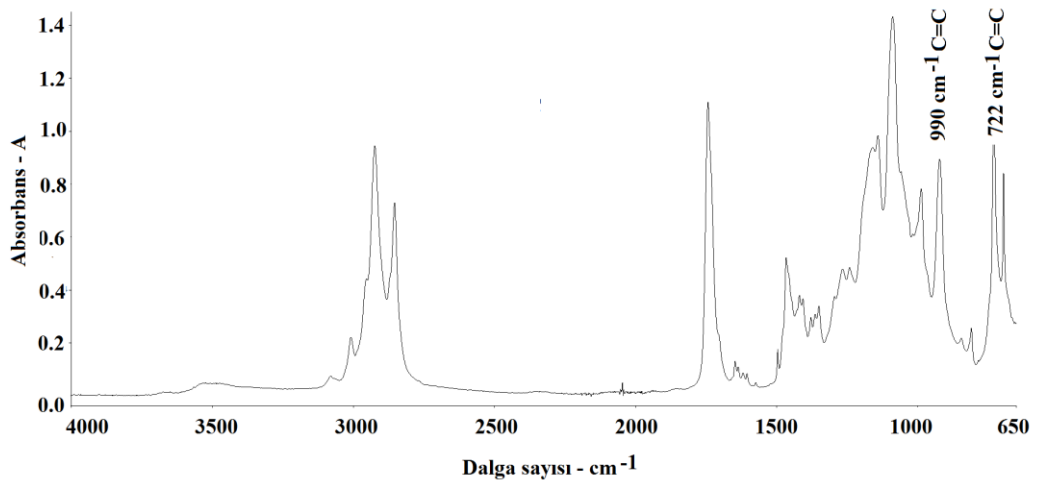


Şekil 5.2. Aspir yağının DSC eğrisi

Şekil 5.2'de gösterilen DSC eğrisine göre aspir yağının kristallenme sıcaklığı -15,16 °C olarak belirlenmiştir. Reaktif seyreltici hazırlanması için yapılan deneysel çalışmaları bu sıcaklığın çok çok üstünde yapılmıştır.

### 5.1.5. Aspir yağının Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) sonuçları

Bu çalışmada, reaktif seyreltici hazırlamada kullanılan aspir yağının yağ asidi zincirinde bulunan çift bağların (C=C) varlığını belirlemek amacıyla Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) kullanılmıştır. FT-IR spektrumları Şekil 5.3 ve Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Aspir yağının dalga sayısına (cm<sup>-1</sup>) karşı absorbans spektrumu

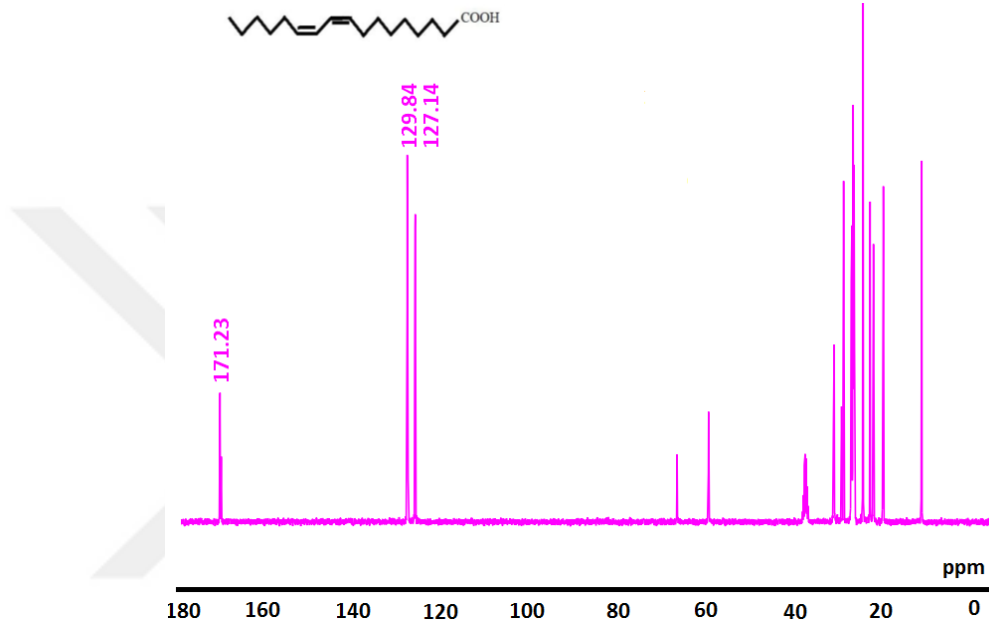
Çizelge 5.2. Aspir yağının dalga sayısına (cm<sup>-1</sup>) karşı absorbans pikleri

Dalga sayısı (cm <sup>-1</sup> )	Fonksiyonel Grup
3008	C-H
2923	C-H
2853	CH <sub>2</sub>
990	C=C (Konjuge çift bağlar)
722	C=C (Konjuge olmayan çift bağlar)

Şekil 5.3 ve Çizelge 5.2’de gösterilen FT-IR spektrumlarına göre aspir yağında 722 ve 990 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında çift bağların (C=C) varlığı tespit edilmiştir.

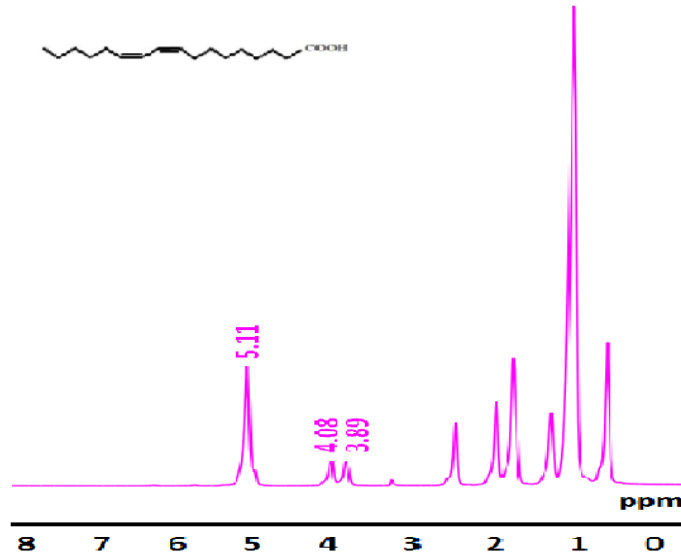
### 5.1.6. Aspir yağının nükleer manyetik rezonans (NMR) sonuçları

Bu çalışmada çift bağların (C=C) varlığını belirlemek amacıyla nükleer manyetik rezonans yöntemi (NMR) kullanılmıştır. Bu amaçla C-NMR ve H-NMR spektrumları sırasıyla Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Aspir yağının C-NMR spektrumu

Şekil 5.4'te görüldüğü gibi 125-130 ppm arasındaki rezonanslar doymamış karbonların (C=C) olduğunu göstermektedir. 171 ppm'deki rezonanslar aspir yağındaki karbonil gruplarını göstermektedir. 69-61 ppm civarındaki rezonanslar aspir yağında bulunan oksijen atomu ile tek bağlı bulunan karbon atomlarını göstermektedir. 13-40 ppm arasındaki rezonanslar tek bağlı karbon atomlarını (C-C) göstermektedir (Soucek ve ark., 2009).



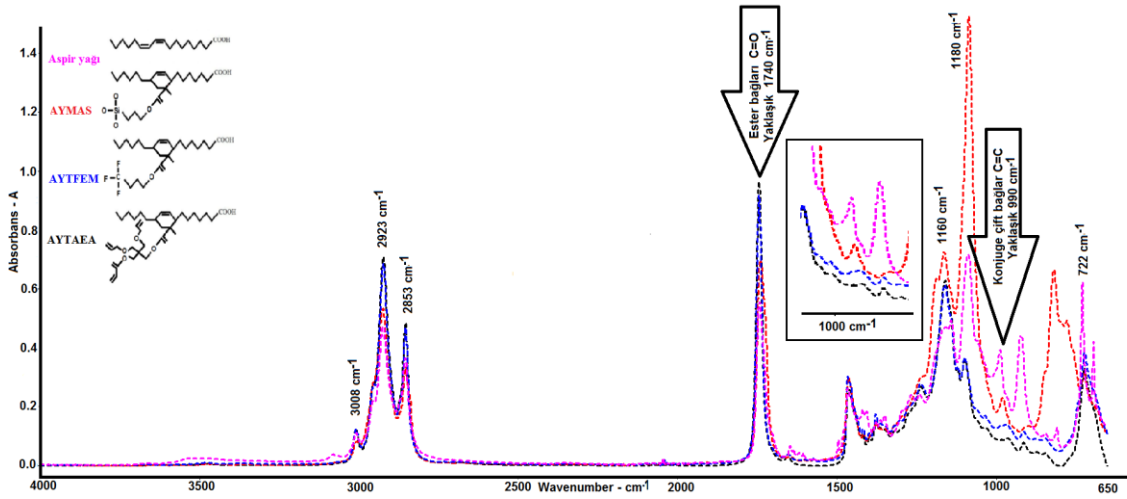
**Şekil 5.5.** Aspir yağının H-NMR spektrumu

Şekil 5.5'te görüldüğü gibi yaklaşık 3-5 ppm arasında doymamış karbon (C=C) atomlarının yani çift bağların varlığı görülmektedir (Soucek ve ark., 2010).

## 5.2. Reaktif Seyrelticilerin Özelliklerinin İncelenmesi

### 5.2.1. AYMAS, AYTREM ve AYTAEA'nın fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) sonuçları

Bu çalışmada aspir yağında bulunan çift bağların (dienlerin) dienofillerle Diels-Alder tepkimesi (katılma tepkimesi) vererek absorban şiddetleri yardımıyla çift bağların sayısındaki yok olmayı ve halkalı yapıların oluşumunu belirlemek amacıyla fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi kullanılmıştır. Spektrumlar Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

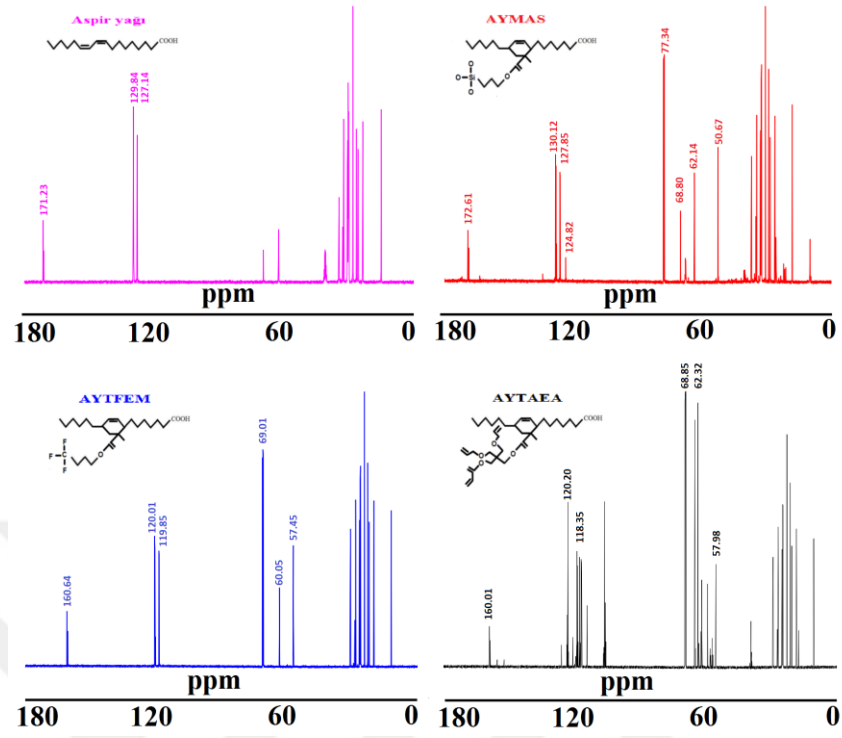


**Şekil 5.6.** Aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA'nın dalga sayısına ( $\text{cm}^{-1}$ ) karşı absorbanans spektrumu

Şekil 5.6'da görüldüğü gibi  $990 \text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında yaklaşık 0.4 absorbanans şiddetinde konjuge çift bağların ( $\text{C}=\text{C}$ ) sayısında azalma görülmüştür. Bu yok olma, Diels-Alder tepkimeleri ile çift bağların yerini halkalı yapılara bıraktığı sonucuna ulaşılmıştır.

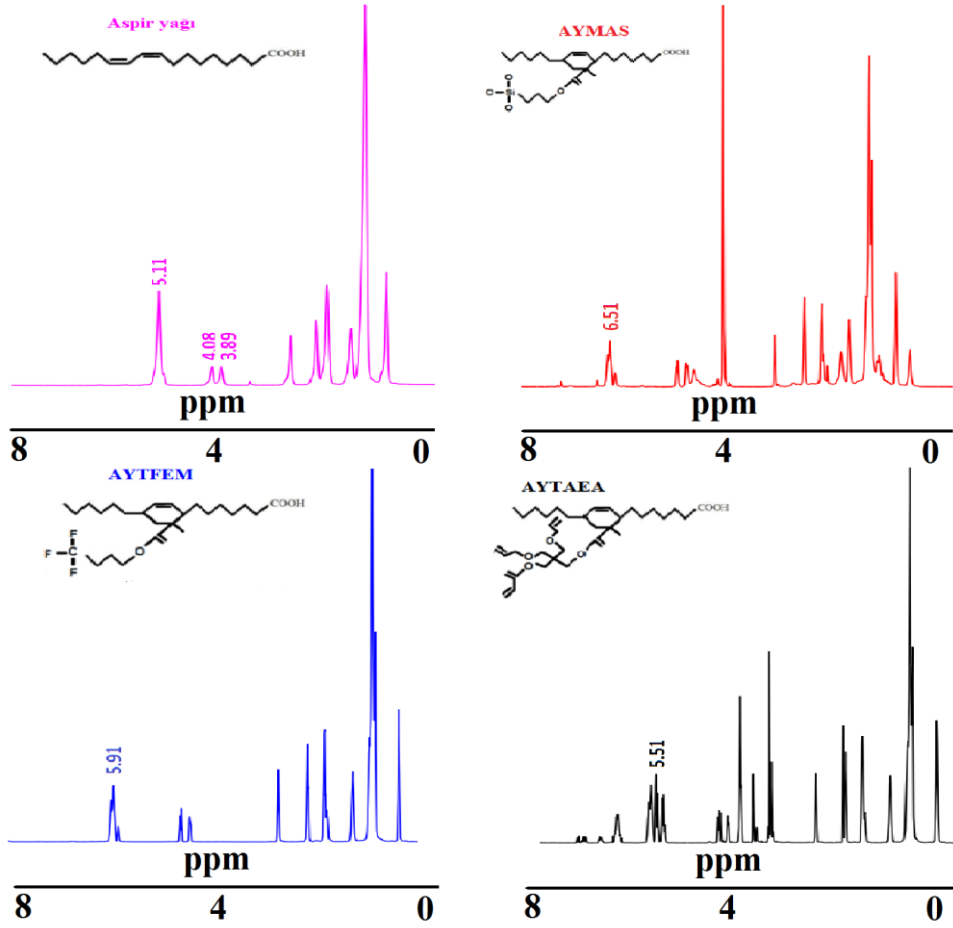
### 5.2.2. AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA'nın nükleer manyetik rezonans (NMR) sonuçları

Bu çalışmada aspir yağında bulunan çift bağların (dienlerin) dienofillerle Diels-Alder tepkimesi (katılma tepkimesi) vererek çift bağların sayısındaki azalmayı belirlemek amacıyla nükleer manyetik rezonans yöntemi (NMR) kullanılmıştır. Bu amaçla C-NMR ve H-NMR spektrumları sırasıyla Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir



Şekil 5.7. Aspirin yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA için C-NMR spektrumu

Şekil 5.7’de aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAE için C-NMR spektrumunda görüldüğü gibi reaktif seyrelticilerin sentezinde kullanılan dien ve dienofillerin Diels-Alder tepkimesi sonucu oluşturduğu halka yapıları yaklaşık 50-80 ppm civarında gözlenmiştir.



Şekil 5.3. Aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAE için H-NMR spektrumu

Şekil 5.8’de aspir yağı, AYMAS, AYTFEM ve AYTAE için H-NMR spektrumunda görüldüğü gibi halka yapıları yaklaşık 6,51, 5,91 ve 5,51 ppm civarında gözlenmiştir (Soucek ve ark., 2009).

### **5.3. Reaktif Seyreltilici Boya Filmi Örneklerinin Isısal, Yapısal, Viskoelastik, Mekanik, Viskozite ve Film Özelliklerinin İncelenmesi**

Bu çalışmada soya yağı bazlı alkide (SYA), %10, %20, %30 ve %40 oranlarında AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA eklenerek yeni SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya örnekleri elde edilmiştir.

Bu boya örneklerinin uygulanması ile elde edilen boya filmi örneklerinin ısısal, yapısal, viskoelastik ve mekanik özellikleri sırasıyla termogravimetrik analiz (TGA), taramalı elektron mikroskobu, Universal malzeme test cihazı, dinamik mekanik analiz (DMA)-diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) yöntemi ile incelenmiştir. Buna ek olarak boya filmi örneklerinin sırasıyla viskozite, kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık kontrolü, kavlama derecesi (yapışma) ve kalem sertliği gibi geleneksel boya testleri yapılmıştır.

#### **5.3.1. Reaktif seyreltilici boya filmi örneklerinin ısısal özelliklerinin incelenmesi**

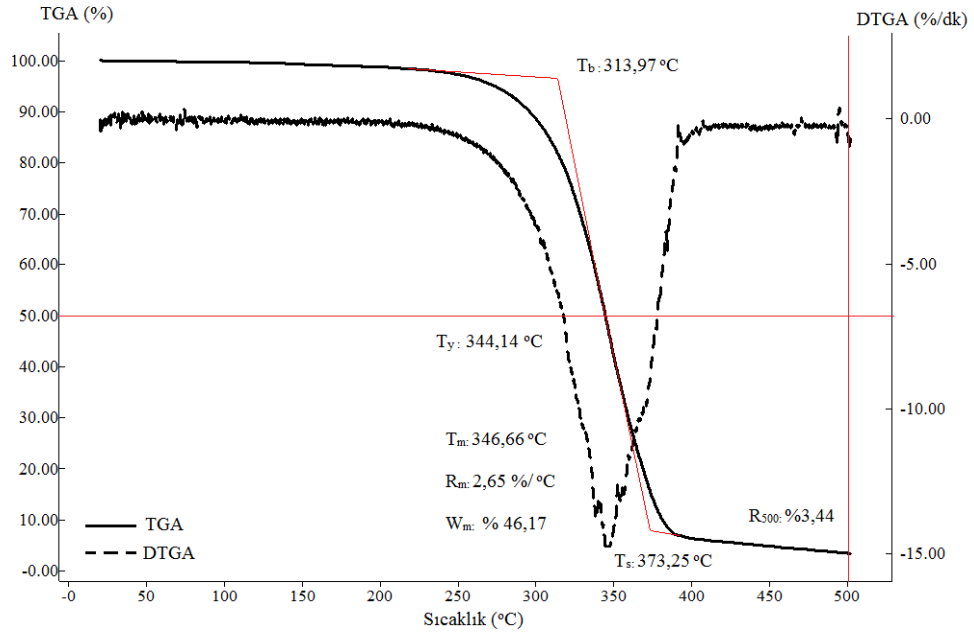
Bu çalışmada reaktif seyreltilici yeni SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA'lı boya film örneklerinin sıcaklık etkisiyle azot ve hava ortamında bozunmanın başladığı sıcaklık ( $T_b$ ), bozunmanın sonlandığı sıcaklık ( $T_s$ ), yarı ömür sıcaklığı ( $T_y$ ), bozunma hızının maksimum olduğu sıcaklık ( $T_m$ ), maksimum bozunma hızı ( $R_m$ ), maksimum bozunma hızındaki kalan kütlenin yüzdesi ( $W_m$ ) ve 500 °C'de kalan kütlenin yüzdesi ( $R_{500}$ ) değerleri TGA ve DTGA termogramları ile belirlenmiştir. Buna ek olarak; boya filmi örneklerinin reaktif seyreltilici oranı ile  $R_{500}$ ,  $R_m$  ve  $W_m$  değerlerinin değişimi grafikleri ve reaktif seyreltilici oranı ile  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin değişim grafikleri gösterilmiştir. Ayrıca termogramlardan elde edilen veriler kullanılarak, Freeman-Carroll ve Friedman yöntemi kullanılarak Aktifleşme enerjisi ( $E_A$ ), tepkime derecesi ( $n$ ), frekans faktörü ( $A$ ) ve regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek sonuçlar çizelgeler ve şekiller halinde aşağıda gösterilerek değerlendirilmiştir.



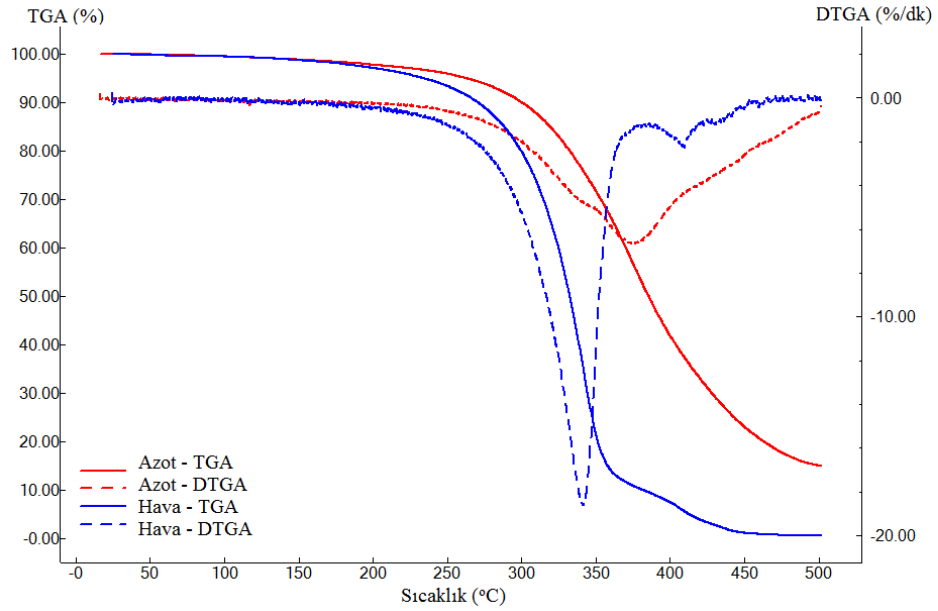
### 5.3.1.1. AYMAS-SYA film örneklerinin termogravimetrik analiz (TGA) ile ısısızal özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA ve AYMAS-SYA reaktif seyreltilici boya filmi örneklerinin sıcaklık etkisiyle azot ve hava ortamında bozunmanın başladığı sıcaklık ( $T_b$ ), bozunmanın sonlandığı sıcaklık ( $T_s$ ), yarı ömür sıcaklığı ( $T_y$ ), bozunma hızının maksimum olduğu sıcaklık ( $T_m$ ), maksimum bozunma hızı ( $R_m$ ), maksimum bozunma hızındaki kalan kütlenin yüzdesi ( $W_m$ ) ve 500 °C'de kalan kütlenin yüzdesi ( $R_{500}$ ) değerleri Şekil 5.9 ve Şekil 5.21 arasında gösterilen TGA ve DTGA termogramları ile belirlenmiştir.

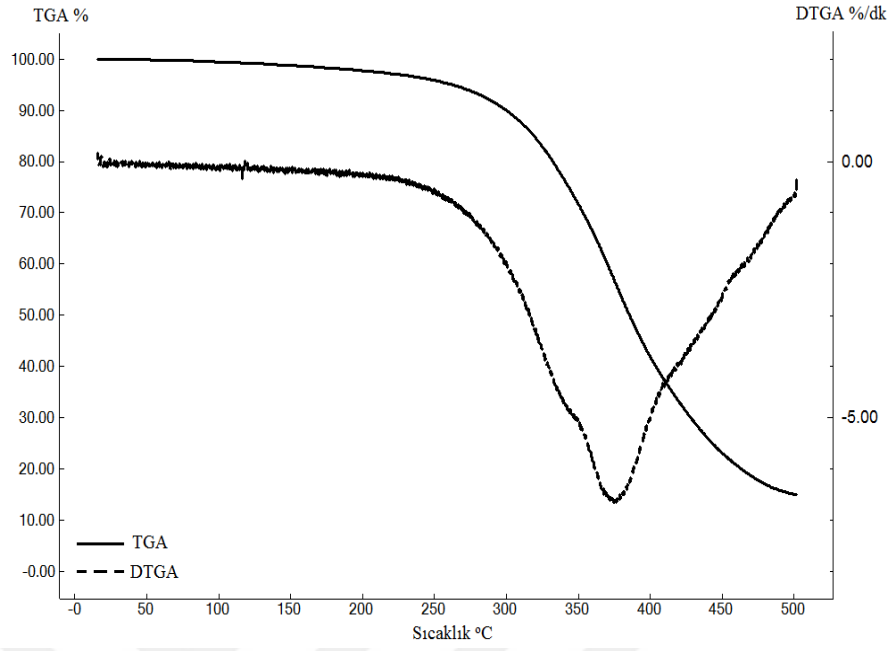
Sonuçlar Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te özetlenmiştir. Buna ek olarak; boya film örneklerinin reaktif seyreltilici oranı ile  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.27 ve Şekil 5.28'de ve reaktif seyreltilici oranı ile  $R_{500}$ ,  $R_m$  ve  $W_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.29 ve Şekil 5.34 arasında gösterilmiştir. Ayrıca termogramlardan elde edilen veriler kullanılarak, Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2'de verilen Freeman-Carroll ve Friedman yöntemi kullanılarak aktifleşme enerjisi ( $E_A$ ), tepkime derecesi ( $n$ ), frekans faktörü ( $A$ ) ve regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek sonuçlar Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7'de gösterilmiştir. Hava ve azot ortamında Freeman-Carroll ve Friedman yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjilerini ( $E_A$ ), reaktif seyreltilici oranı ile değişimleri sırasıyla Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de gösterilmiştir.



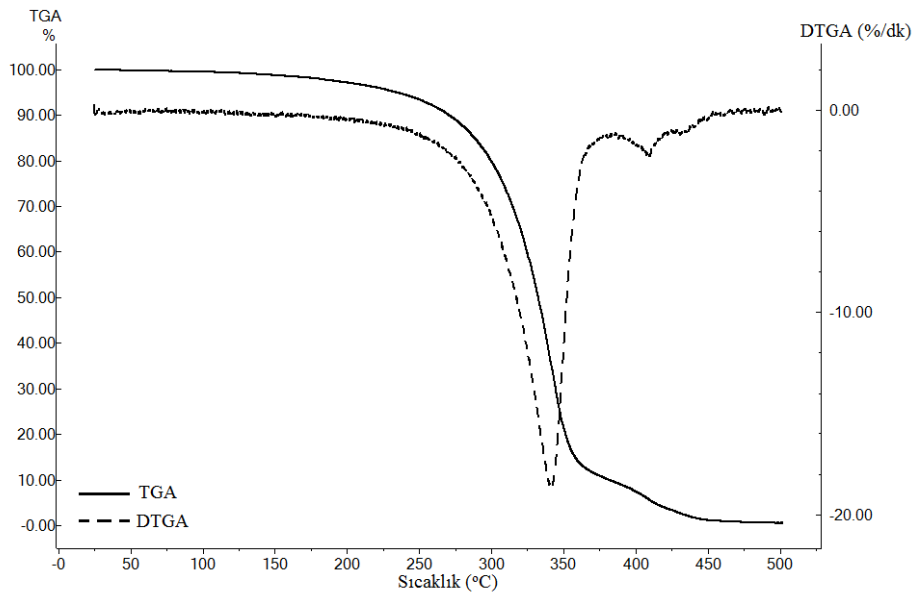
Şekil 5.9. SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



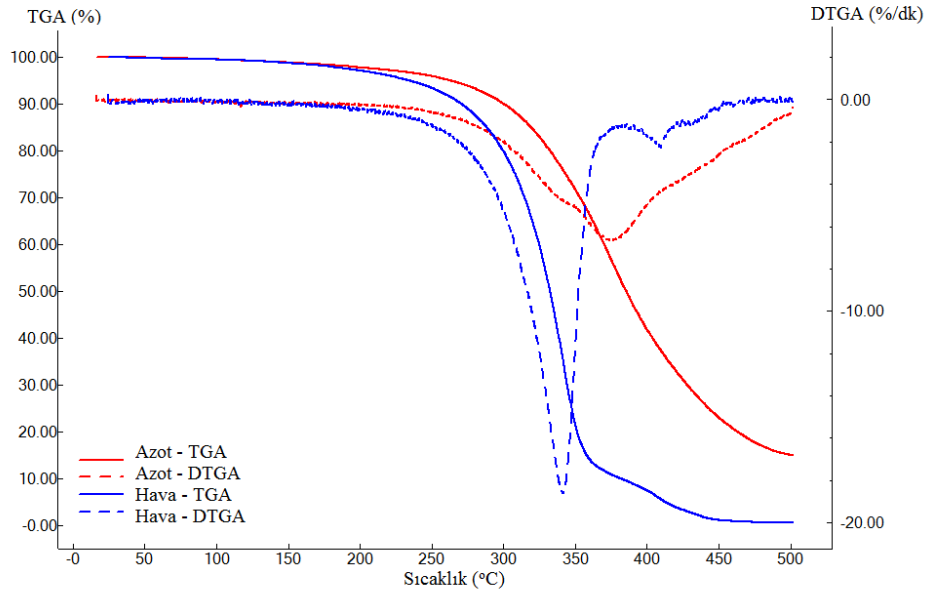
Şekil 5.10. SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



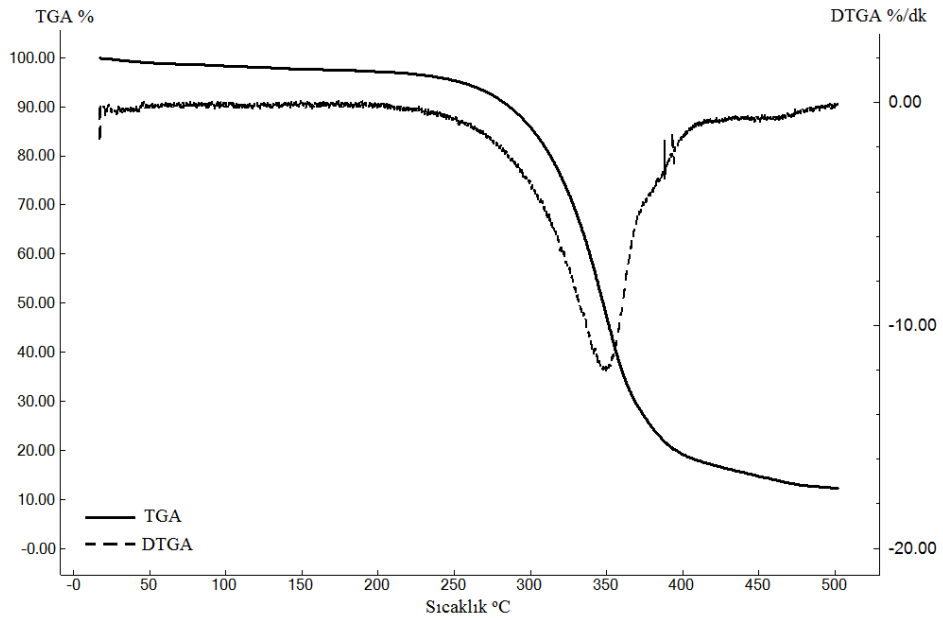
**Şekil 5.11.** AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



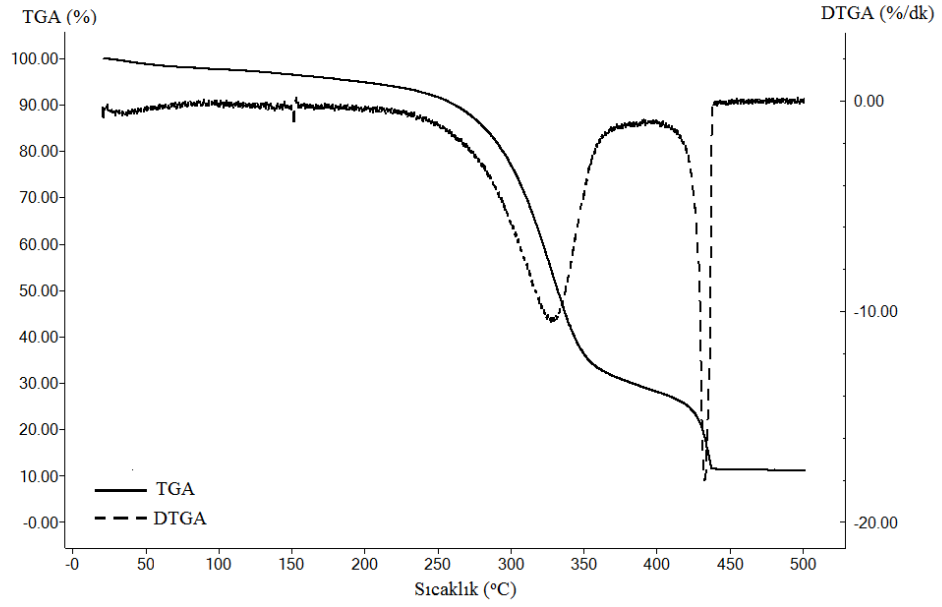
**Şekil 5.12.** AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



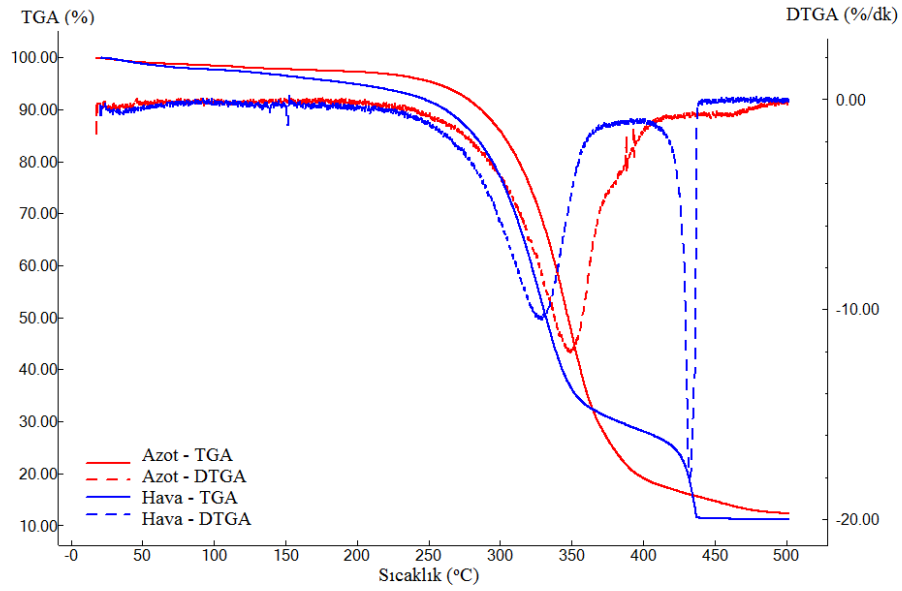
**Şekil 5.13.** AYMAS10-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



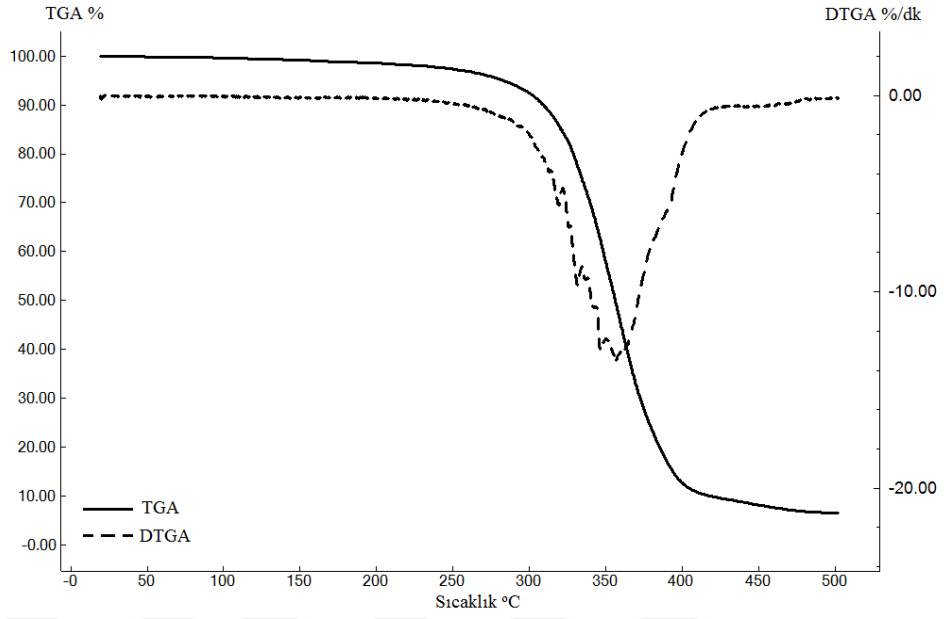
**Şekil 5.14.** AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



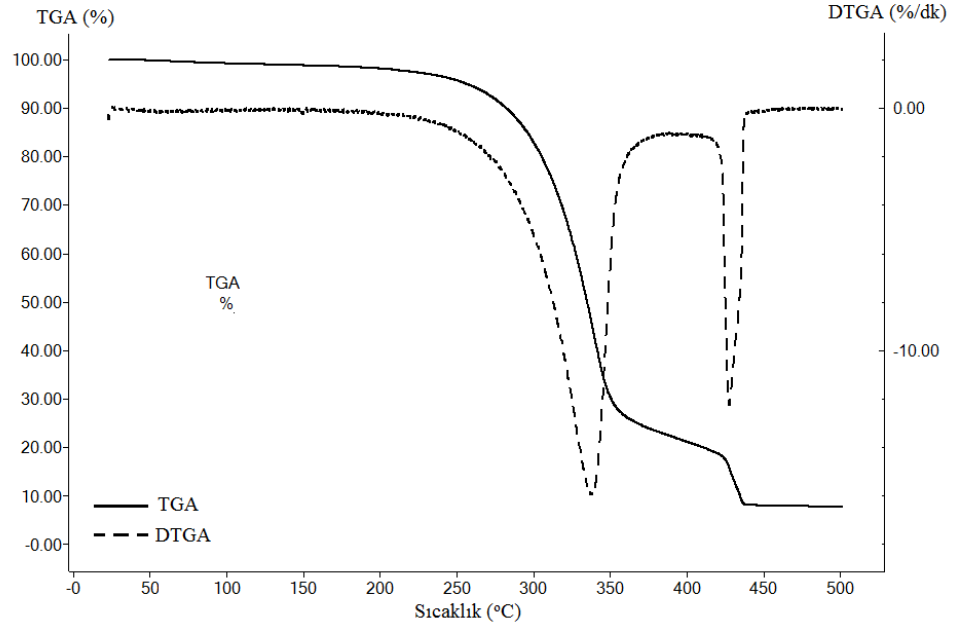
Şekil 5.15. AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



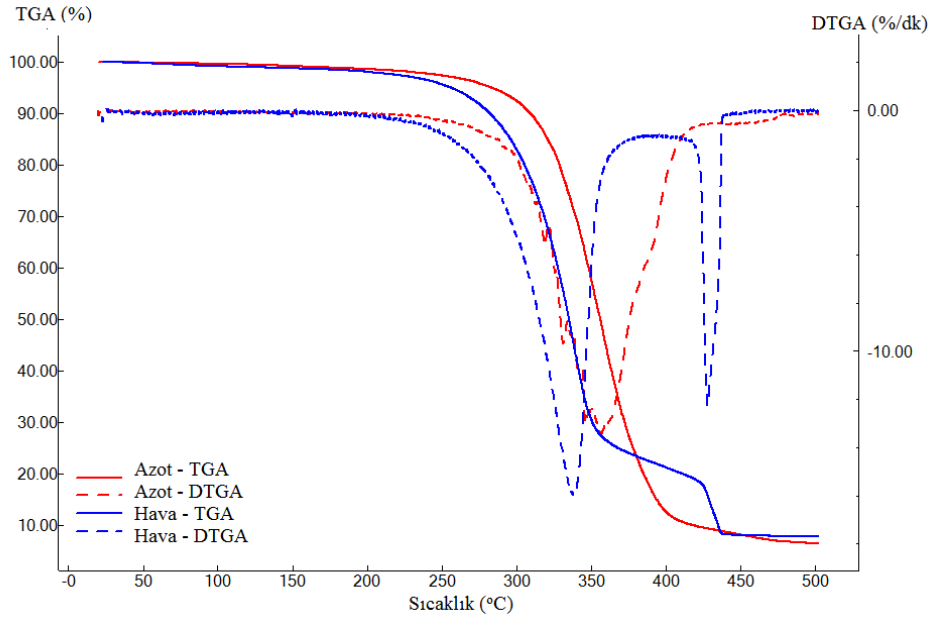
Şekil 5.16. AYMAS20-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



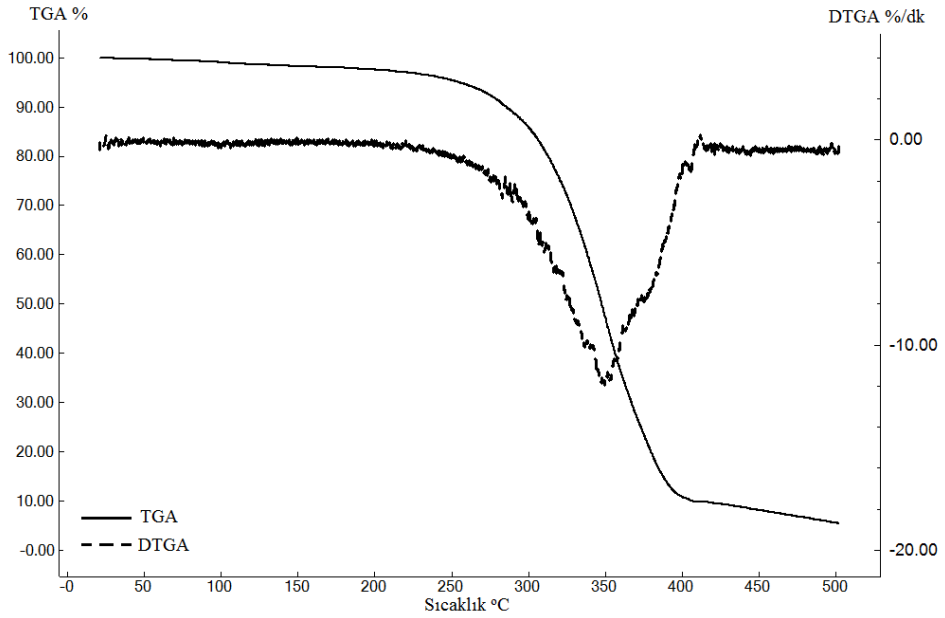
**Şekil 5.17.** AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



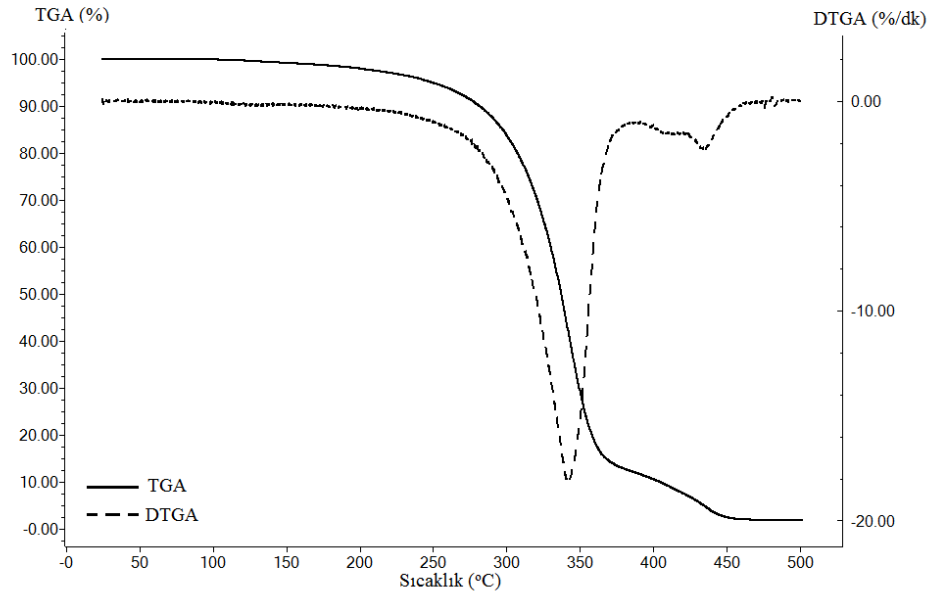
**Şekil 5.18.** AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



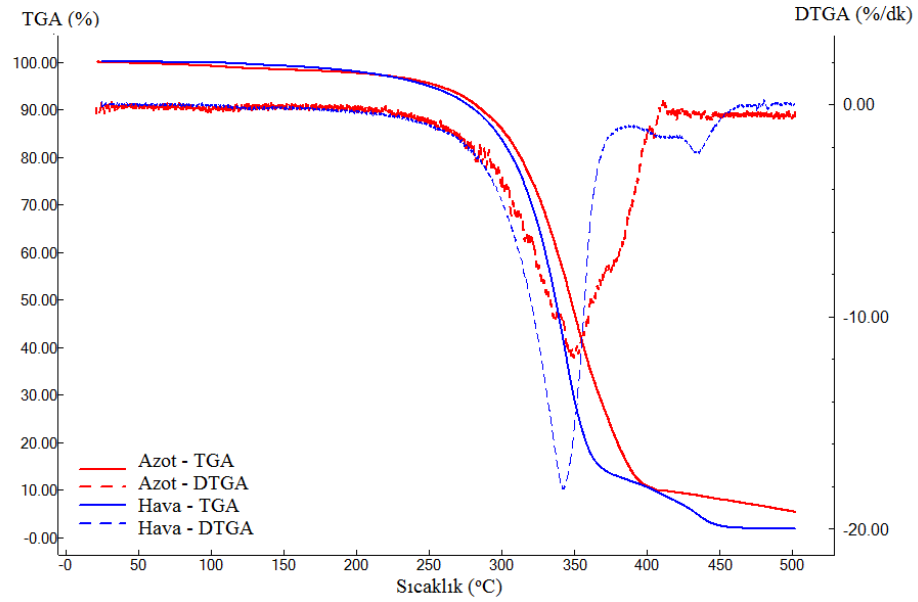
**Şekil 5.19.** AYMAS30-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



**Şekil 5.20.** AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

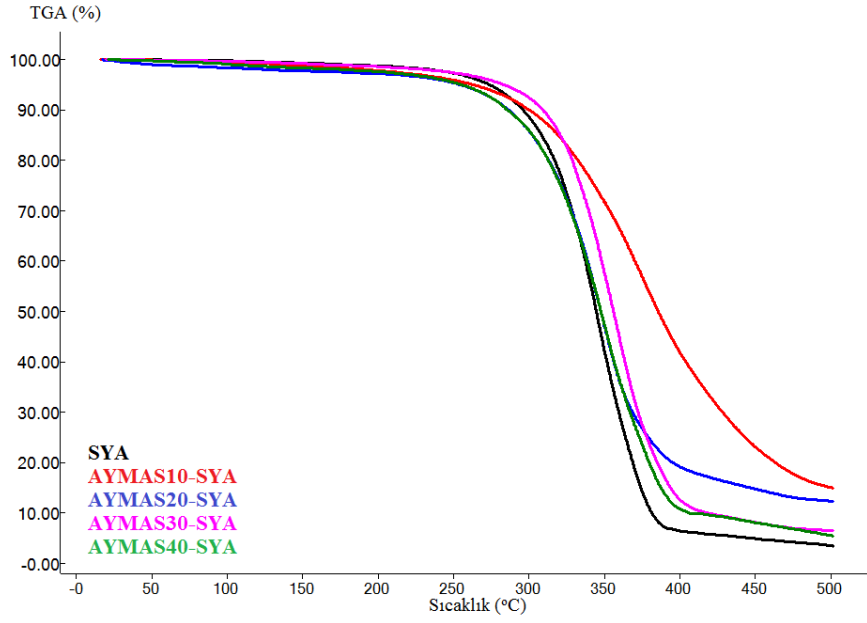


Şekil 5.4. AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

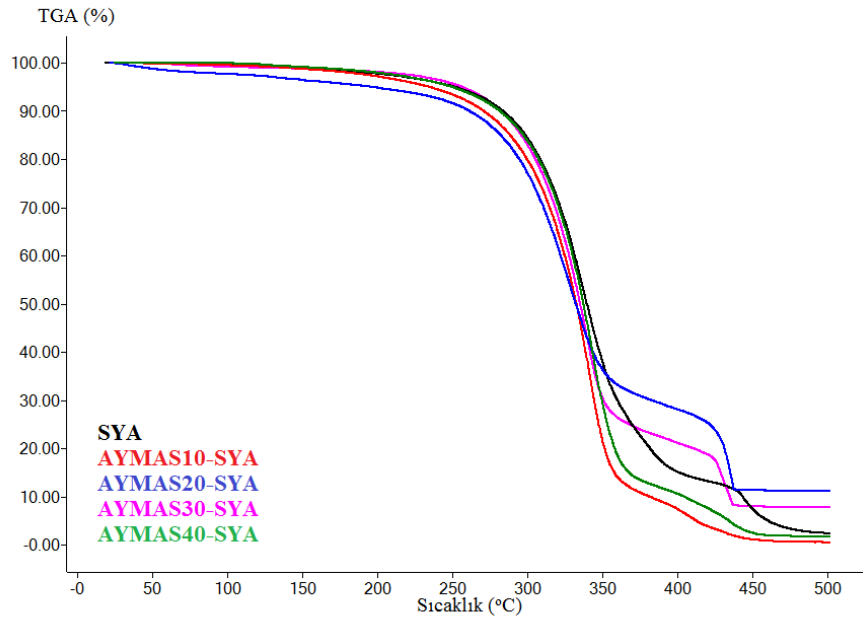


Şekil 5.5. AYMAS40-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması

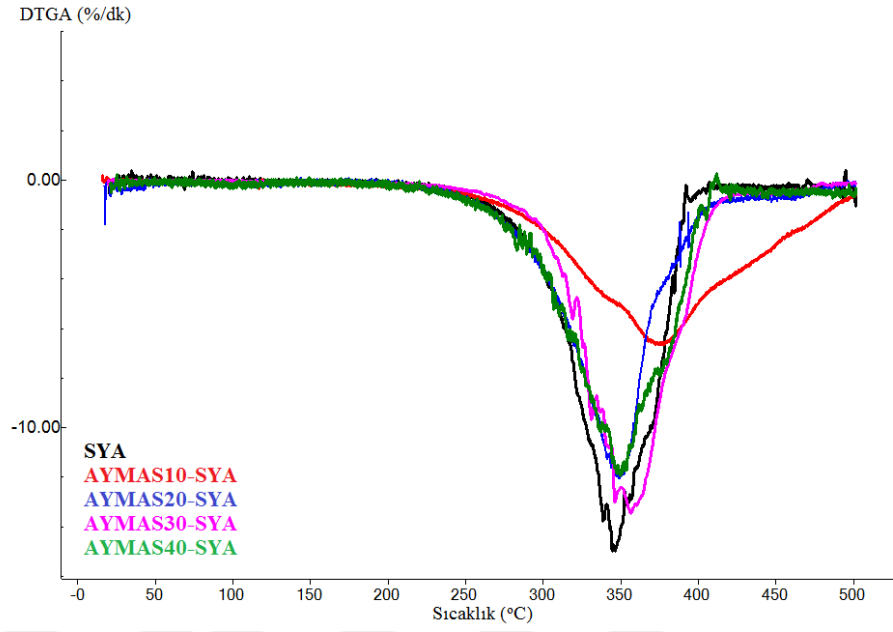




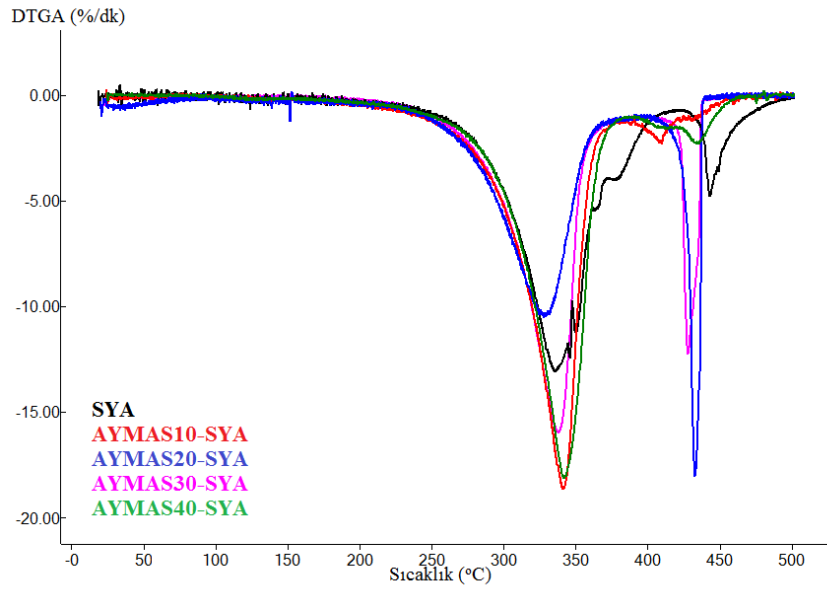
Şekil 5.23. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.24. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.6. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri



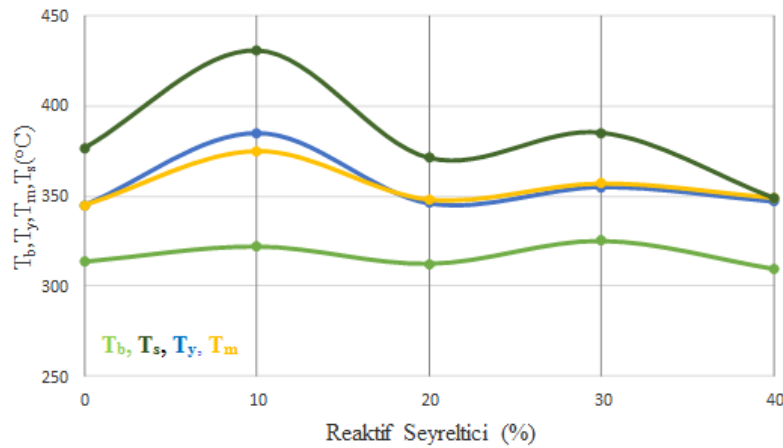
Şekil 5.26. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri

**Çizelge 5.3.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b(^{\circ}\text{C})$	$T_y(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_s(^{\circ}\text{C})$	%	$R_m(\%/^{\circ}\text{C})$	$W_m(\%)$	$R_{500}(\%)$
0	313,6	345,0	345,1	376,9	0	2,47	47,68	3,44
10	322,0	385,0	375,0	430,9	10	1,11	50,26	14,95
20	312,4	346,0	348,1	371,2	20	1,99	48,55	12,26
30	325,1	355,0	357,0	385,2	30	2,27	48,55	6,36
40	309,6	347,0	349,0	381,8	40	1,99	47,75	5,41

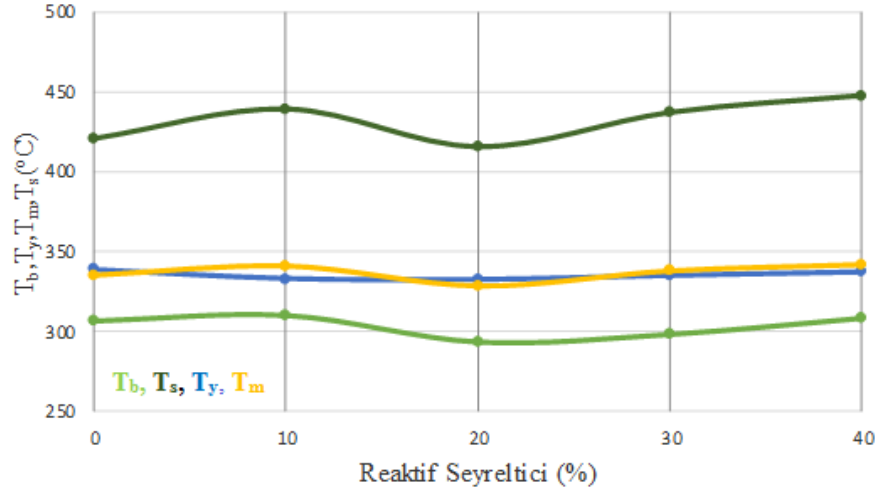
**Çizelge 5.4.** Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b(^{\circ}\text{C})$	$T_y(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_s(^{\circ}\text{C})$	%	$R_m(\%/^{\circ}\text{C})$	$W_m(\%)$	$R_{500}(\%)$
0	306,59	339,05	335,26	420,63	0	2,18	54,40	2,19
10	310,13	332,86	341,11	439,08	10	1,73	35,17	0,51
20	293,30	332,21	328,50	415,47	20	2,64	53,31	8,13
30	298,16	335,00	337,99	436,98	30	3,01	45,44	7,71
40	308,34	337,40	341,98	447,49	40	2,18	41,56	1,78



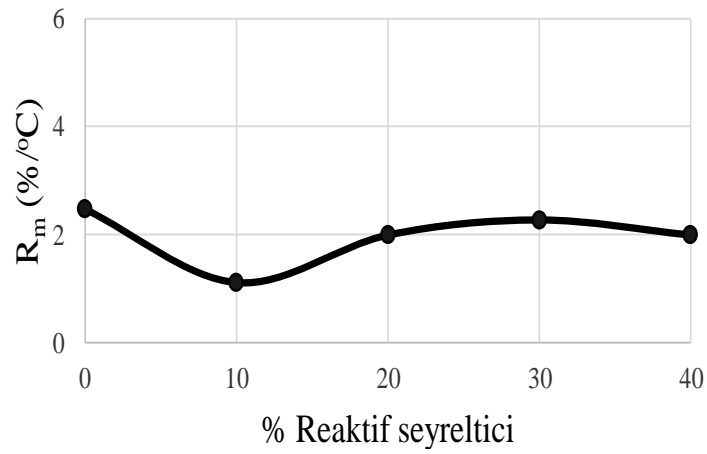
**Şekil 5.27.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b, T_s, T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

Şekil 5.27'ye göre azot ortamında AYMAS-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b, T_s, T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin SYA örneğine göre %10 oranında bir artış gözlemlendiği tespit edilmiştir. Ondan sonra  $T_s, T_y$  ve  $T_m$  değerleri reaktif seyreltici bileşimi ile bir azalma göstermiştir.



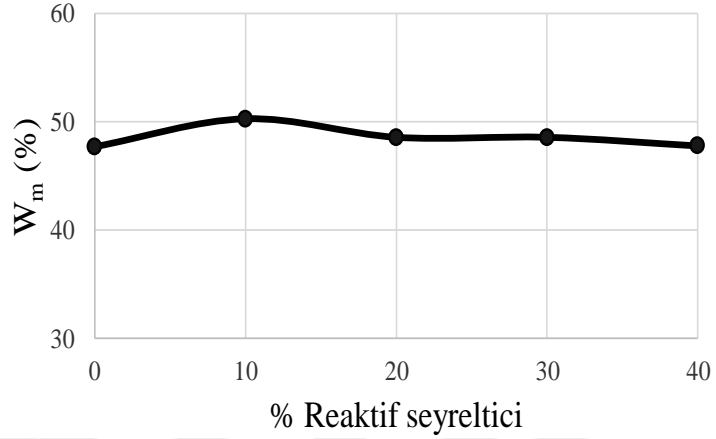
**Şekil 5.28.** Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

Şekil 5.28'e göre hava ortamında AYMAS-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile fazla değişiklik göstermemiştir.



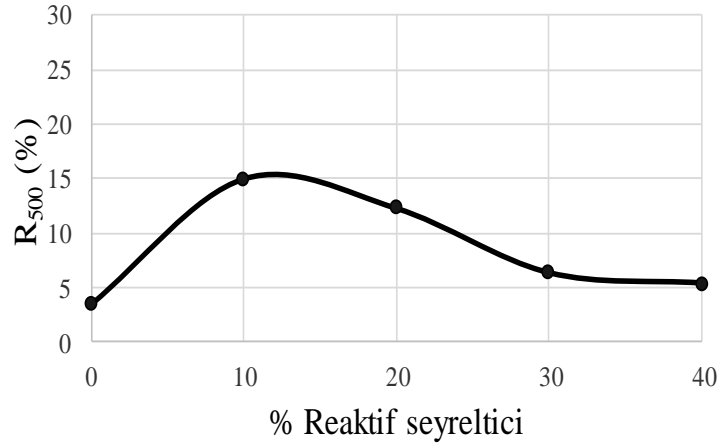
**Şekil 5.29.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.29'a göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10 olan AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinin  $R_m$  değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. %20, %30 ve %40 olan AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $R_m$  değerleri artmıştır.



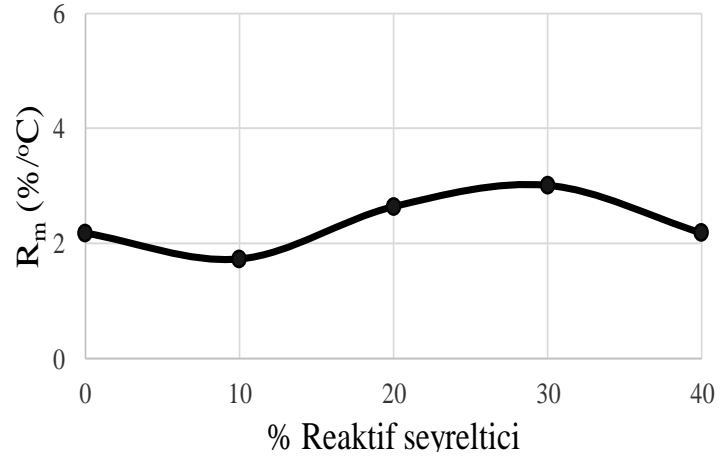
**Şekil 5.30.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.30'a göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10 olan AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinin  $W_m$  değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre çok az artmıştır. %20, %30 ve %40 olan AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerlerinde önemli oranda değişiklik gözlenmemiştir.



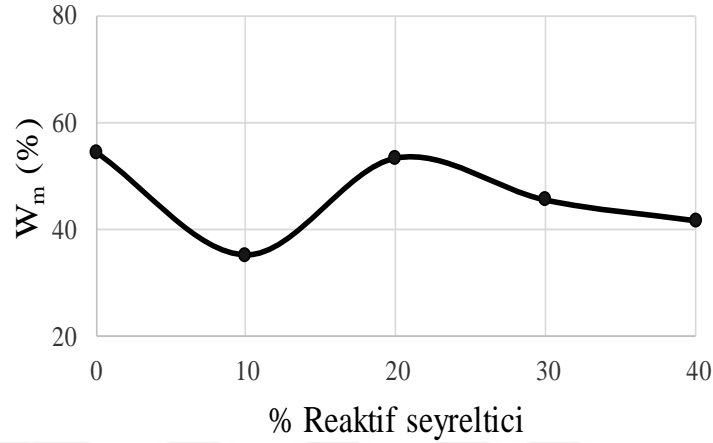
**Şekil 5.31.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen R<sub>500</sub> değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.31'e göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneklerinin R<sub>500</sub> değerleri SYA örneğine göre artmıştır. En fazla artış %10 AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinde görülmüştür.



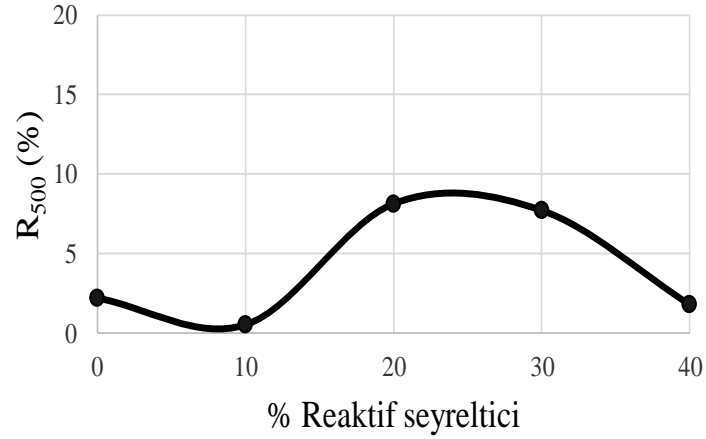
**Şekil 5.32.** Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen R<sub>m</sub> değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.32'ye göre hava ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10 olan AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinin  $R_m$  değeri SYA örneğine göre azalmıştır. %20, %30 ve %40 olan AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin SYA örneğine göre  $R_m$  değerleri artmıştır.



**Şekil 5.33.** Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.33'e göre hava ortamında AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerleri genel SYA örneğine göre azalmıştır. En fazla azalma AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinde gözlenmiş olup diğer boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerlerinde %20 den sonra nispeten bir azalma gözlenmektedir.



**Şekil 5.34.** Hava ortamında AYMAS-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen R<sub>500</sub> değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.34'e göre hava ortamında AYMAS10-SYA'lı boya filmi örneğinin R<sub>500</sub> değeri ilk önce SYA örneğine göre azalmıştır. AYMAS20-SYA, AYMAS30-SYA, AYMAS40-SYA boya filmi örneklerinin R<sub>500</sub> değerleri SYA örneğine göre %20 ve %30 bileşiminde artmış sonra azalmıştır.

#### Freeman-Carroll Yöntemi

Deneyssel olarak elde edilen termogravimetrik eğrilerden Freeman-Carroll yöntemi kullanılarak, film örneklerinin bozunmalarına ilişkin Aktifleşme enerjisi (E<sub>A</sub>), tepkime derecesi (n) ve frekans faktörü (A) tayin edilmiş, kullanılan bu yöntemin TG eğrilerinden yararlanarak kinetik parametrelerinin bulunması ve grafiklerin çizilmesi için Microsoft Excel paket programı kullanılmıştır. Freeman-Carroll Yöntemi tek bir ısıtma hızı için 1958 yılında geliştirilmiştir.

Freeman Carroll eşitliği;

$$\frac{(\Delta \ln dC / dt)}{\Delta \ln(100 - C)} = n - \frac{E_A}{R} * \frac{\Delta(1/T)}{\Delta \ln(100 - C)} \quad (5.1.)$$



Eşitlik.5.1'e göre;

$$\frac{\Delta(1/T)}{\Delta \ln(100-C)} \text{ nin } \frac{\Delta \ln(dC/dT)}{\Delta \ln(100-C)}$$

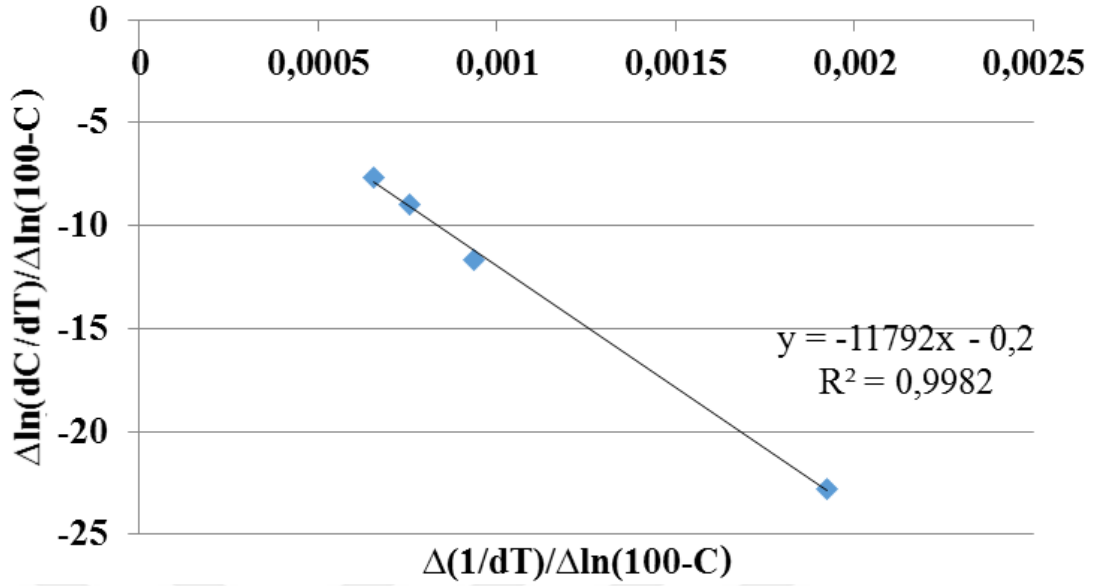
eğimi yardımıyla Aktifleşme Enerjisi ( $E_A$ ), kayması yardımıyla tepkime derecesi ( $n$ ) hesaplanmaktadır.

$$\frac{\Delta(1/T)}{\Delta \ln(100-C)} \text{ ile } \frac{\Delta \ln(dC/dT)}{\Delta \ln(100-C^*)}$$

değişim grafiklerini çizebilmek için Çizelge 5.5'te verilen azot ortamında SYA için örnek hesaplama için  $1/T$ ,  $\ln(100-C)$ ,  $\ln dC/dT$  değerlerinin farkları kullanılmıştır, yani her  $(100-C)$  değerinde verilen bu değerlerin bir önceki değerinden bir sonraki değer çıkarılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan  $E_A$  ve  $n$  Eşitlik.5.1'de yerine koyularak frekans faktörü ( $A$ ) hesaplanmıştır. Freeman-Carroll yöntemi için örnek  $R^2$  ve doğru denklemi grafiği Şekil 5.35'te gösterilmiştir

**Çizelge 5.5.** Azot ortamında SYA boya filmi örneğine Freeman-Carroll yönteminin uygulanması

Sıcaklık (K)	100-C	1/T	ln(100-C*)	ln dC/dT	$\frac{\Delta(1/T)}{\Delta \ln(100-C)}$	$\frac{\Delta \ln(dC/dT)}{\Delta \ln(100-C)}$
558,15	93,7833	0,001791	4,532575523	-13,41671	0,00192310	-22,7903206
563,15	92,9978	0,001775	4,519148875	-13,24344	0,00093599	-11,6586880
568,15	91,7575	0,001759	4,502471207	-13,04710	0,00075394	-9,00156787
573,15	90,2399	0,001744	4,482128139	-12,88450	0,00065396	-7,66496580

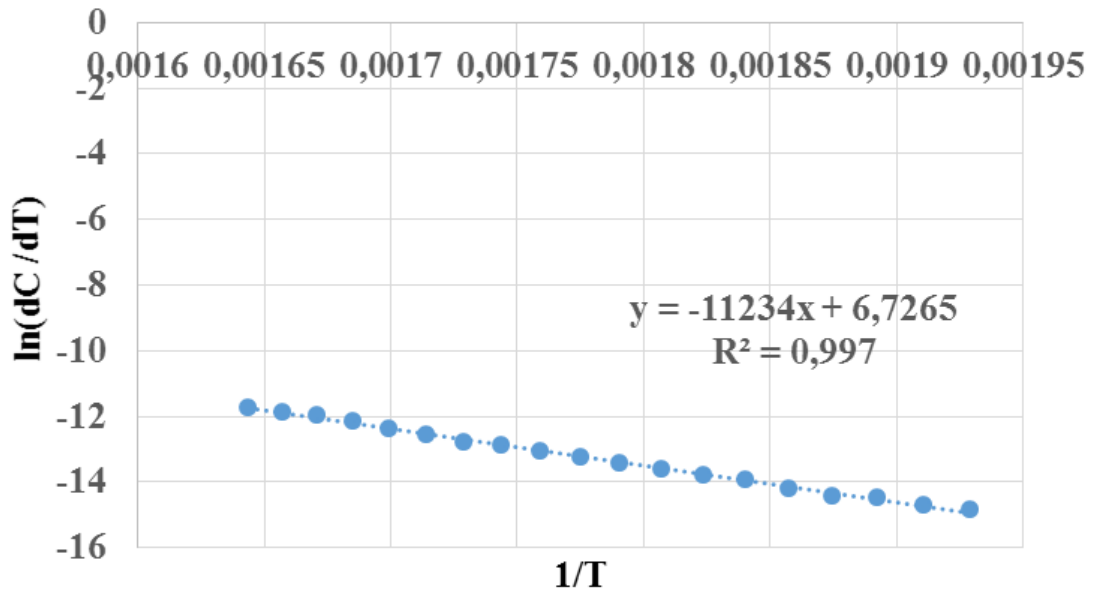


Şekil 5.35. Azot ortamında SYA boya filmi örneğinin Freeman-Carroll yöntemine göre  $R^2$  ve doğru denklemi

#### Friedman Yöntemi

Friedman yönteminde Freeman-Carroll yöntemine benzer olarak Eşitlik 5.2'ye göre;  $1/T$ 'ye karşılık  $\ln dC/dT$  değerlerinin grafiği çizilmiştir. Şekil 5.36'da gösterilen doğrunun eğiminden aktiveleşme enerjisi ( $E_A$ ) hesaplanmıştır.

$$\ln \frac{dC}{dt} = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + n \ln(100 - C) \quad (5.2.)$$



**Şekil 5.36.** Azot ortamında SYA boya filmi örneğinin Friedmann yöntemine göre  $R^2$  ve doğru denklemi

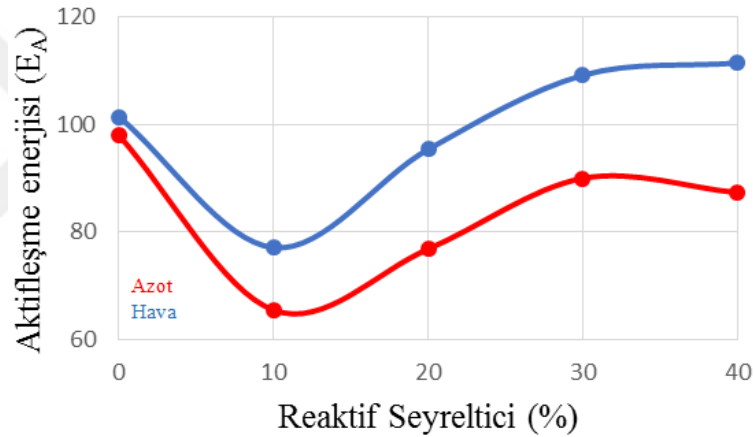
Film örneklerinin hava ve azot ortamında sırasıyla Freeman-Carroll ve Friedman yöntemine göre hesaplanmış  $E_A$ ,  $n$ ,  $A$ , ve  $R^2$  değerleri Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.6.** Azot ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre  $E_A$ ,  $n$ ,  $A$ , ve  $R^2$  değerleri

Örnek	Freemmann-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$n$	$A$ (s <sup>2</sup> )	$R^2$	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
SYA	98,038	0,20	7,13E+06	0,998	93,399	0,997
AYMAS10-SYA	65,497	1,30	1,99E+07	0,996	62,787	0,998
AYMAS20-SYA	76,869	1,34	6,81E+06	0,997	65,485	0,996
AYMAS30-SYA	90,032	0,47	7,03E+06	0,998	81,234	0,997
AYMAS40-SYA	87,396	0,54	1,43E+09	0,998	93,456	0,998

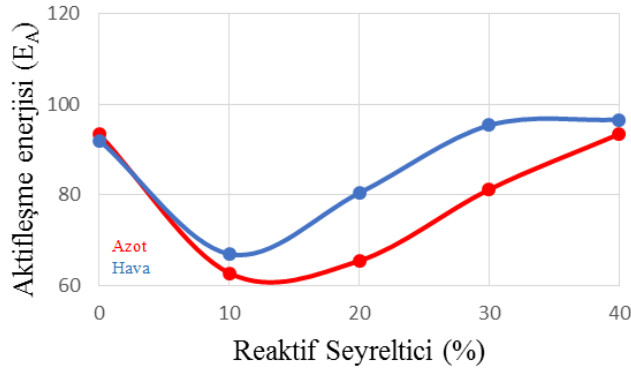
**Çizelge 5.7.** Hava ortamında AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre  $E_A$ ,  $n$ ,  $A$ , ve  $R^2$  değerleri

Örnek	Freemmann-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$n$	$A$ (s <sup>2</sup> )	$R^2$	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
SYA	101,497	0,54	2,91E0+7	0,997	92,069	0,998
AYMAS10-SYA	77,145	0,70	5,00E+06	0,997	67,002	0,997
AYMAS20-SYA	95,428	0,55	1,51E+07	0,997	80,446	0,997
AYMAS30-SYA	109,229	0,79	3,41E+06	0,996	95,403	0,998
AYMAS40-SYA	111,515	1,88	5,20E+06	0,997	96,658	0,998



**Şekil 5.37.** Azot ve Hava ortamında AYMAS-SYA boya film örneklerinin Freeman Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.37'ye göre azot ve hava ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) azot ve hava ortamında SYA ne göre %10'luk AYMAS10-SYA örneğinde azalmasına rağmen reaktif seyreltici oranı arttıkça azot ve hava ortamında artma gözlenmiştir. Hava ortamında bulunan aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) değerleri azot ortamında bulunan aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) değerlerinden büyüktür.



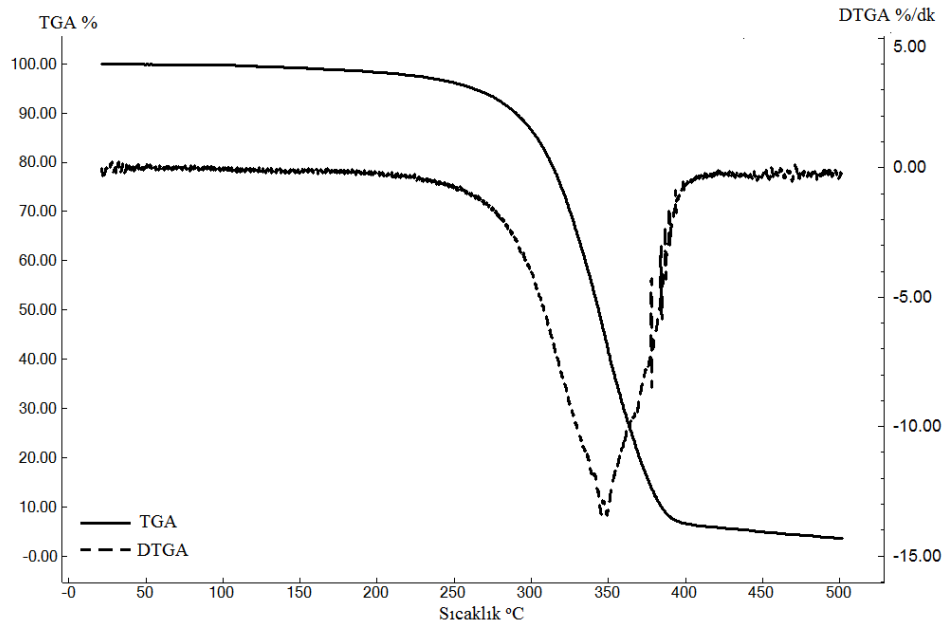
**Şekil 5.38.** Azot ve hava ortamında AYMAS-SYA film örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.38'e göre Friedman yöntemlerine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) azot ve hava ortamında %10'luk AYMAS10-SYA boya filmi örneklerinde azalmıştır. Boya filmi örneklerinin azot ve hava ortamında belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) reaktif seyreltici oranı arttıkça artmıştır. Hava ortamında bulunan aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) değerleri azot ortamında bulunan aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) değerlerinden büyüktür.

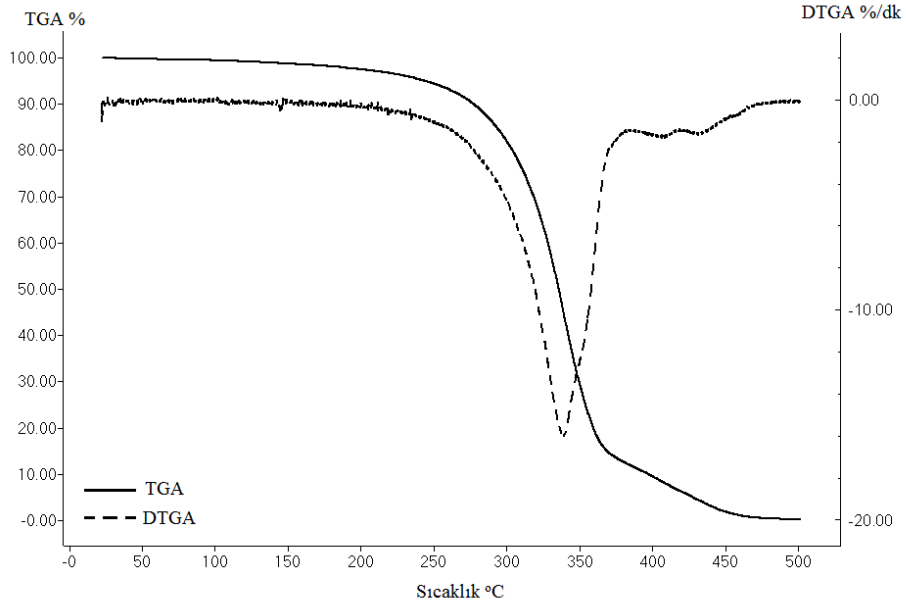
### 5.3.1.2. AYTfEM-SYA boya örneklerinin Termogravimetrik Analiz (TGA) ile ısıl özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA ve AYTfEM-SYA reaktif seyrelticili boya film örneklerinin sıcaklık etkisiyle azot ve hava ortamında bozunmanın başladığı sıcaklık ( $T_b$ ), bozunmanın sonlandığı sıcaklık ( $T_s$ ), yarı ömür sıcaklığı ( $T_y$ ), bozunma hızının maksimum olduğu sıcaklık ( $T_m$ ), maksimum bozunma hızı ( $R_m$ ), maksimum bozunma hızındaki kalan kütlenin yüzdesi ( $W_m$ ) ve 500 °C'de kalan kütlenin yüzdesi ( $R_{500}$ ) değerleri Şekil 5.39 ve Şekil 5.50 arasında gösterilen TGA ve DTGA termogramları ile belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9'da özetlenmiştir Buna ek olarak; boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici oranı ile  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.51 ve Şekil 5.52'de ve reaktif seyreltici oranı ile  $R_{500}$ ,  $R_m$  ve  $W_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.53 ve Şekil 5.62 arasında gösterilmiştir.

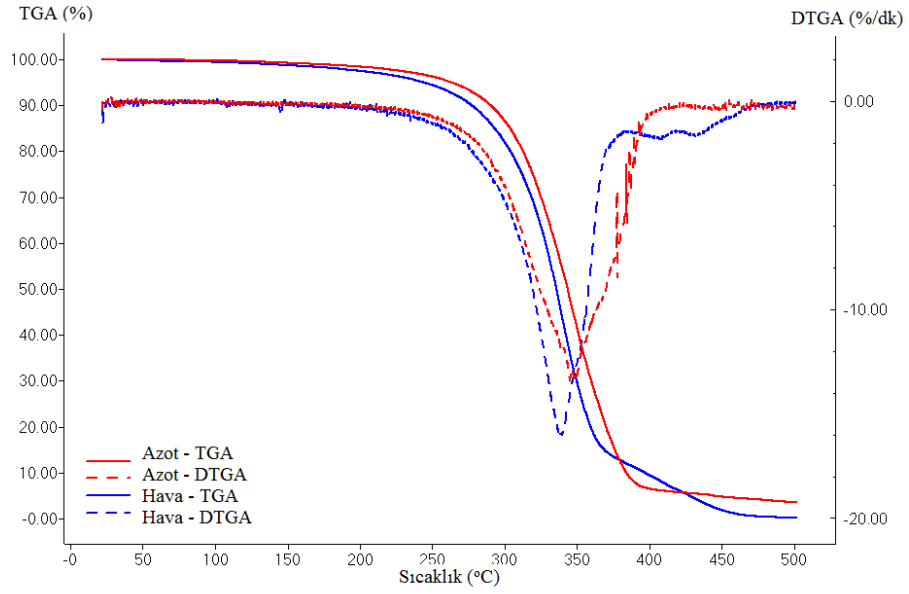
Ayrıca termogramlardan elde edilen veriler kullanılarak, Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2 verilen Freeman-Carroll ve Friedman yöntemi kullanılarak Aktifleşme enerjisi ( $E_A$ ), tepkime derecesi ( $n$ ), frekans faktörü ( $A$ ) ve regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek sonuçlar Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de gösterilmiştir. Hava ve azot ortamında Freeman Carroll ve Friedman yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjilerini ( $E_A$ ), reaktif seyreltici oranı ile değişimleri sırasıyla Şekil 5.63 ve Şekil 5.64’te gösterilmiştir.



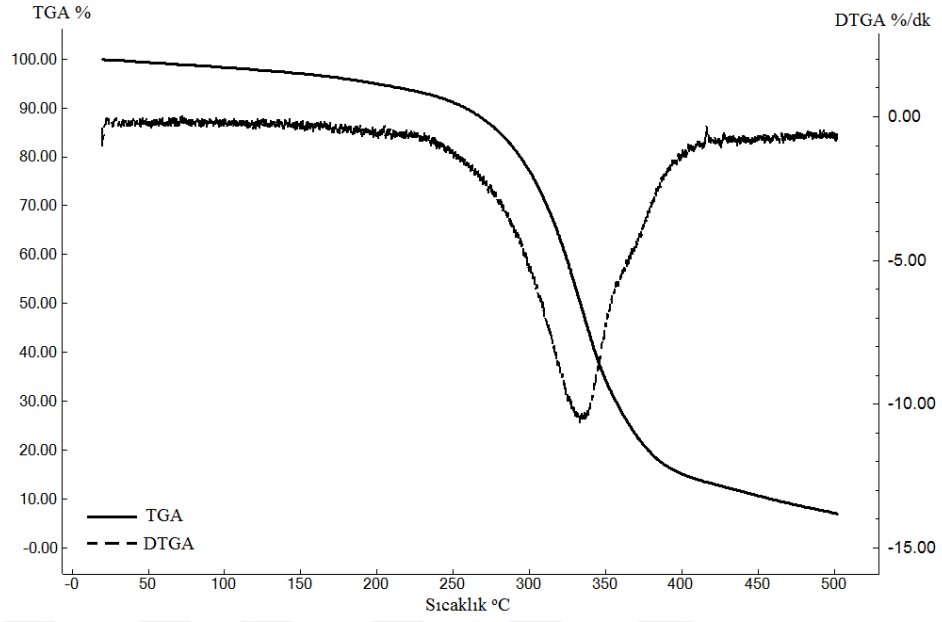
**Şekil 5.7.** AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



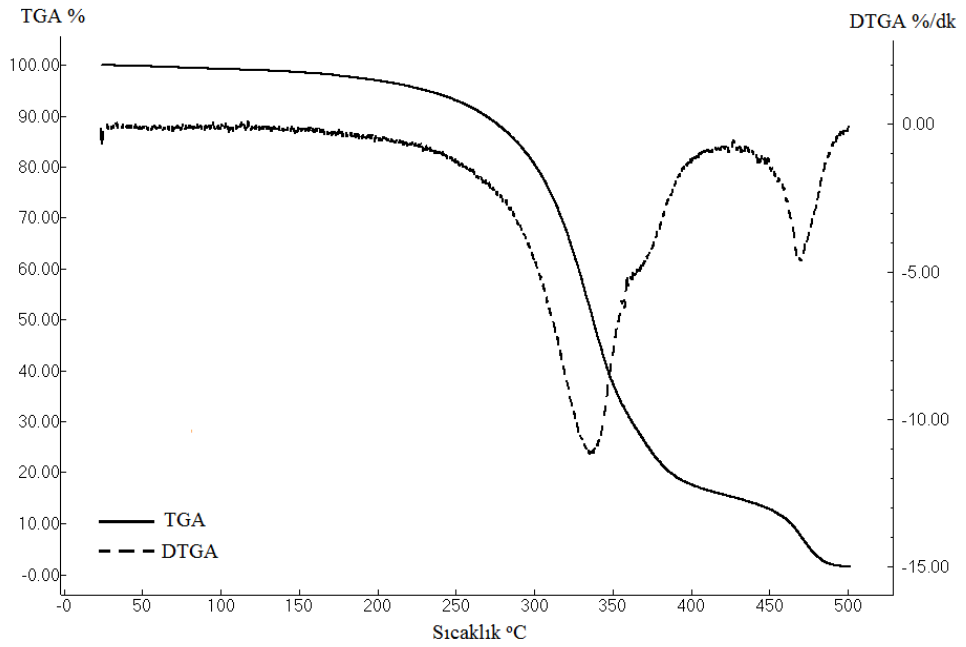
**Şekil 5.40.** AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



**Şekil 5.41.** AYTfEM10-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması

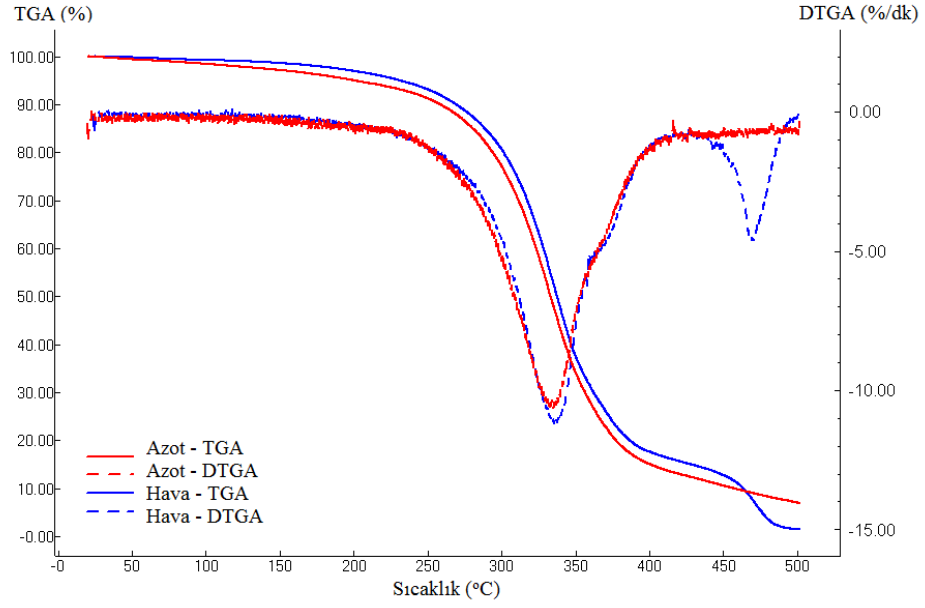


**Şekil 5.42.** AYTFEM20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

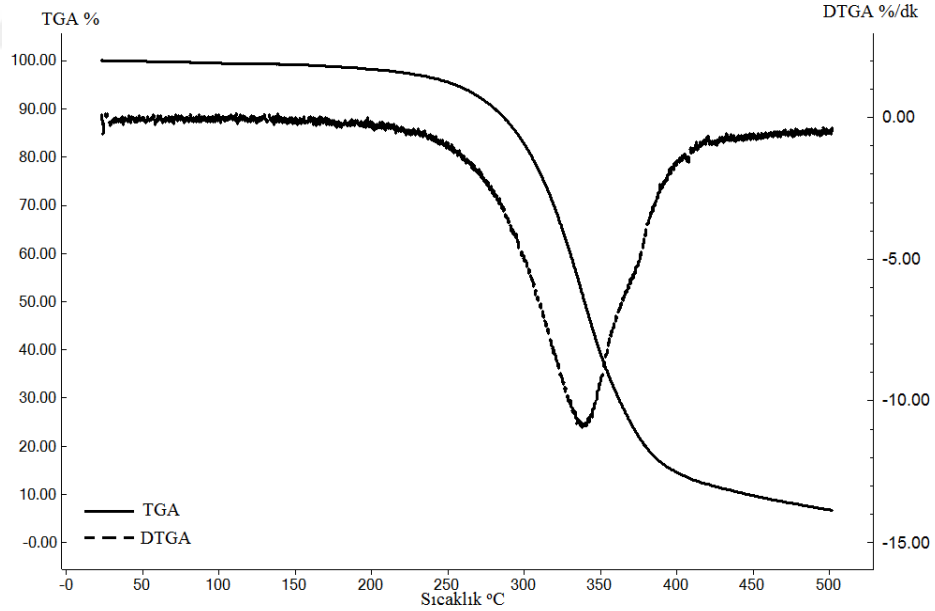


**Şekil 5.43.** AYTFEM20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

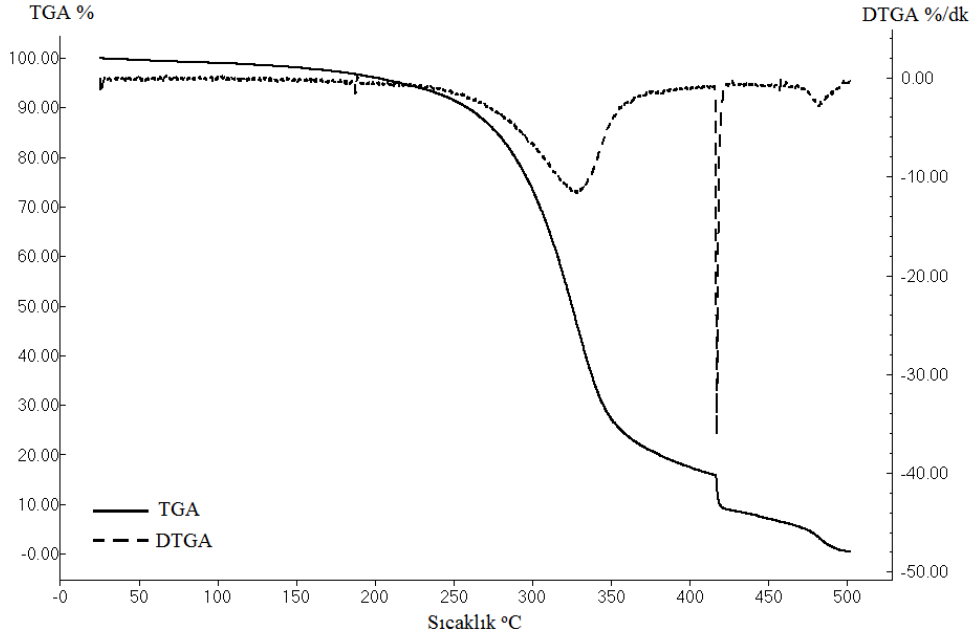




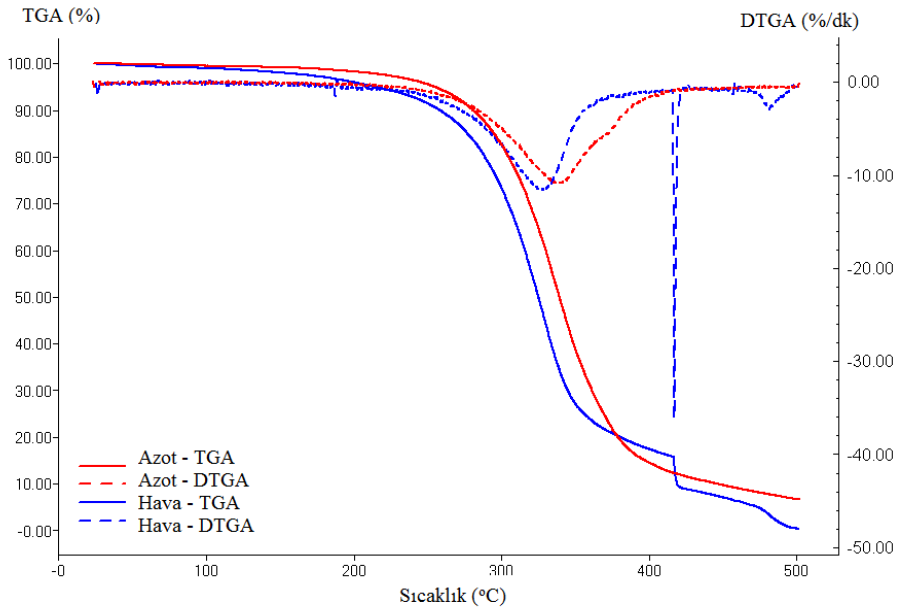
Şekil 5.44. AYTfEM20-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



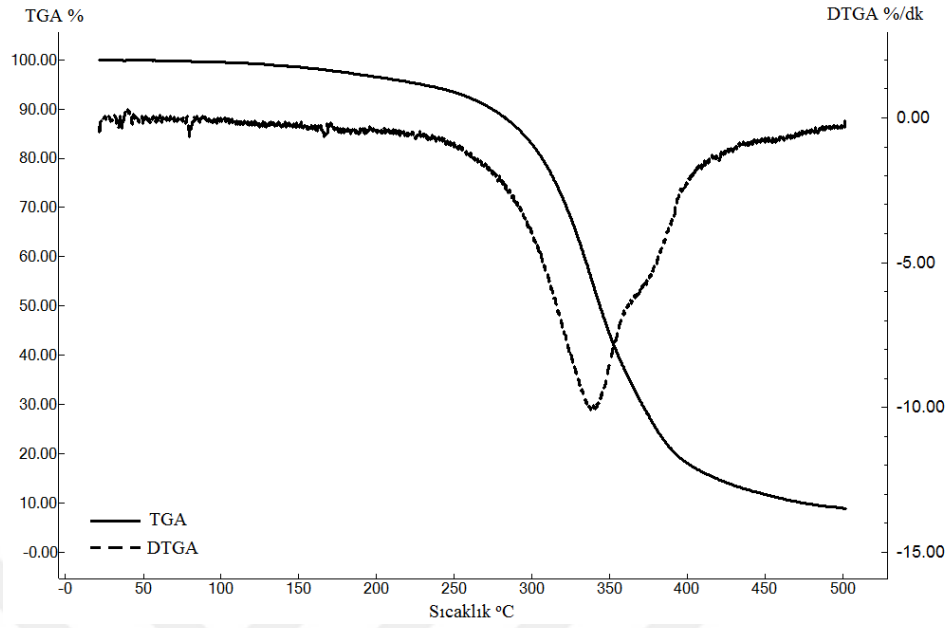
Şekil 5.8. AYTfEM30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA- DTGA eğrileri



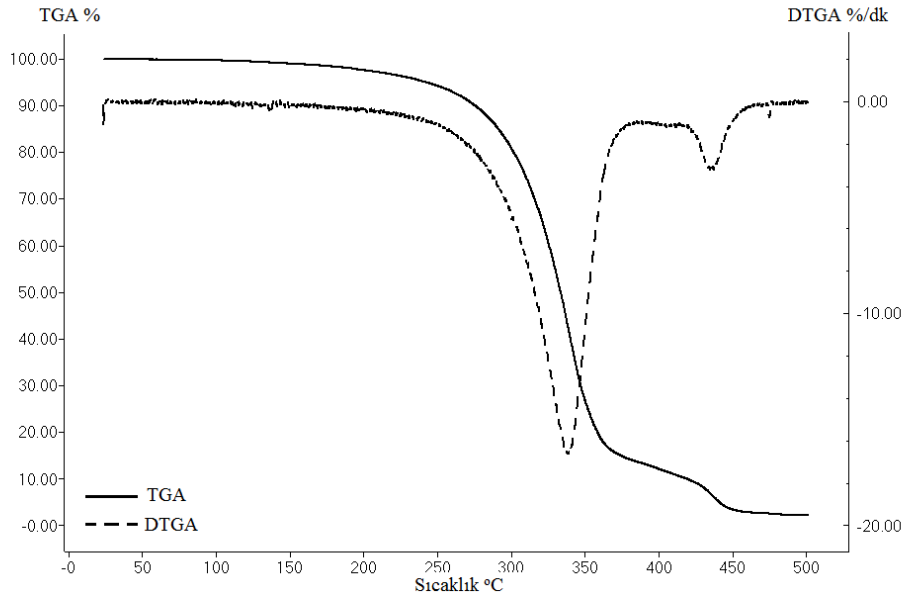
**Şekil 5.46.** AYTfEM30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



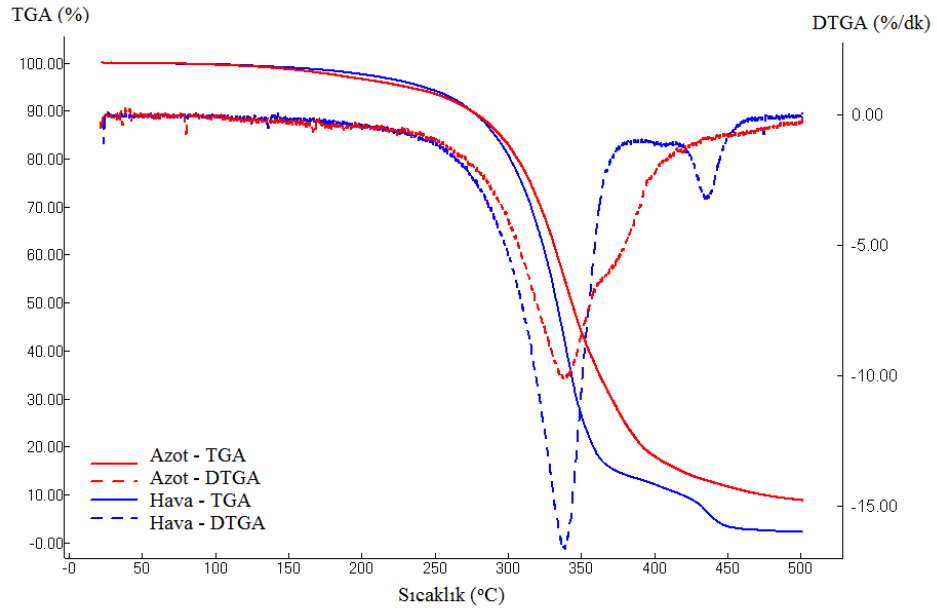
**Şekil 5.47.** AYTfEM30-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



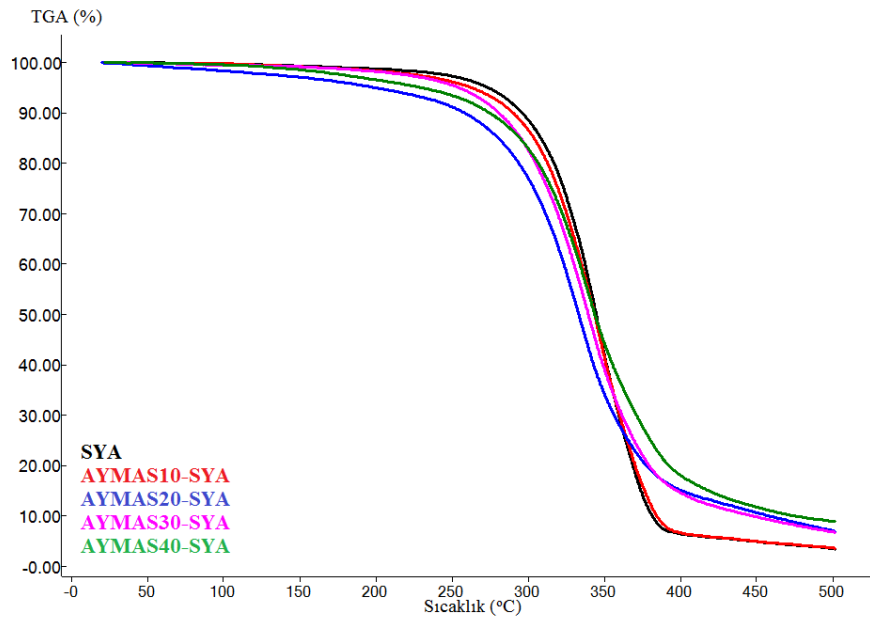
Şekil 5.48. AYTfEM40-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



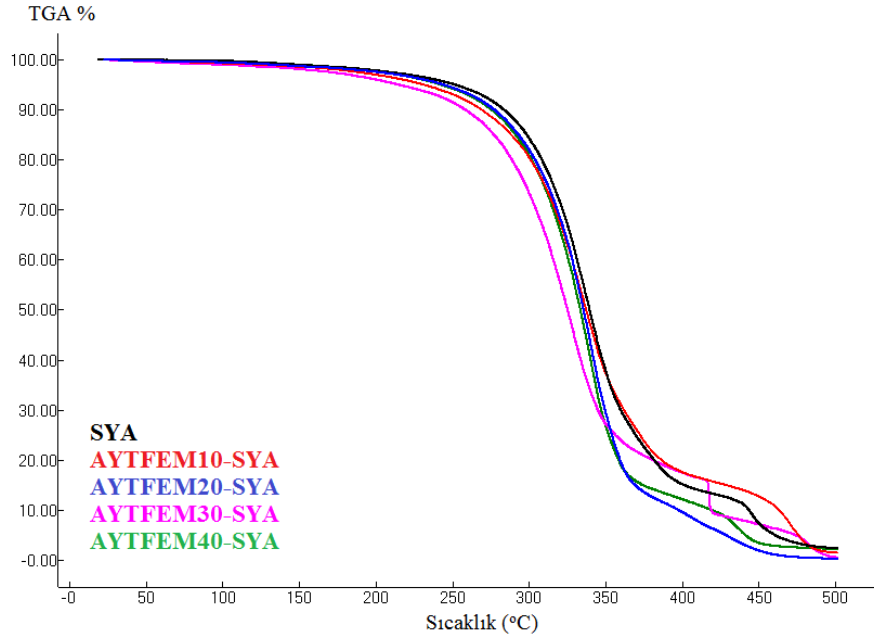
Şekil 5.9. AYTfEM40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



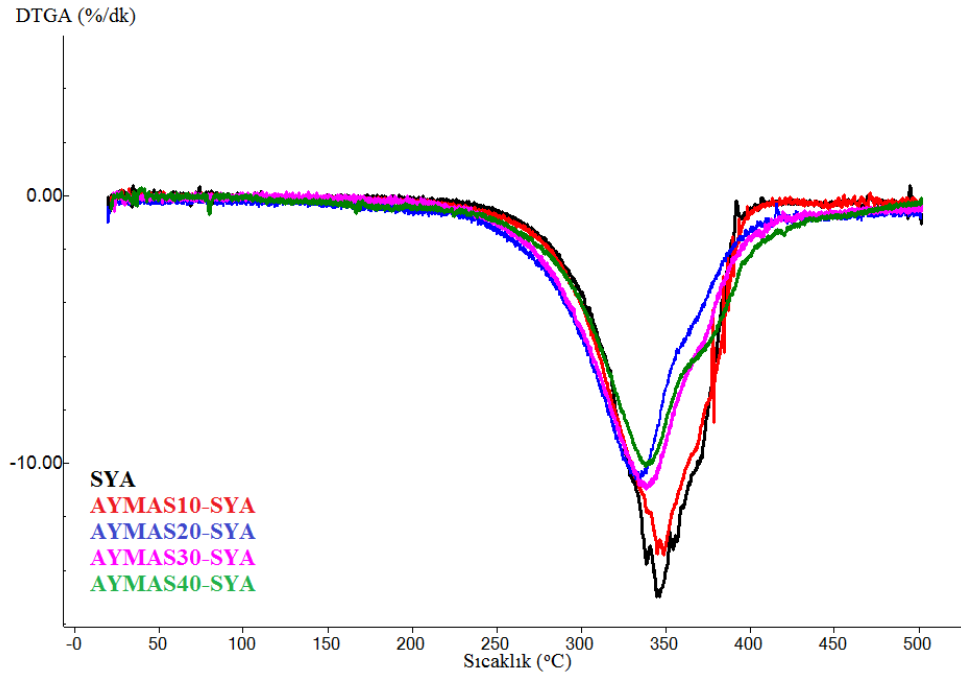
**Şekil 5.50.** AYTfEM40-SYA boya filmi örneğinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



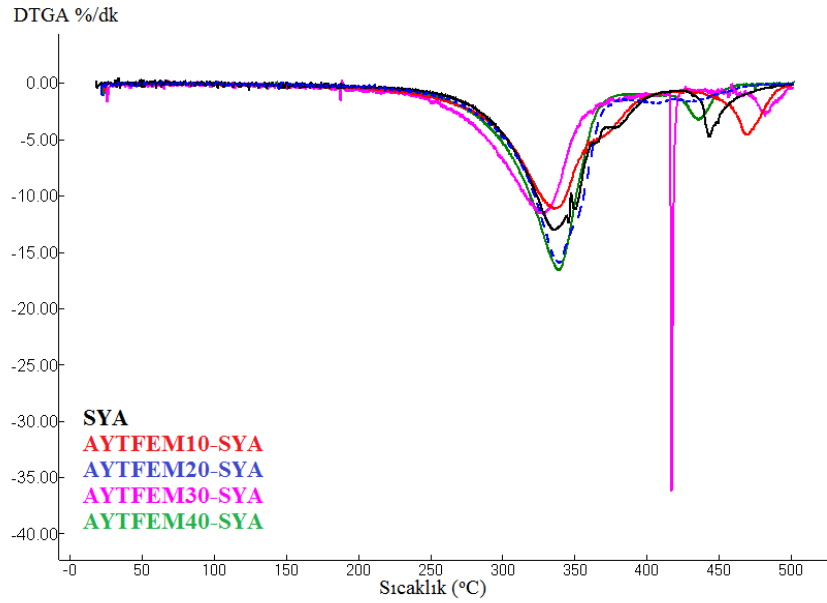
**Şekil 5.51.** SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.10. SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.53. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri



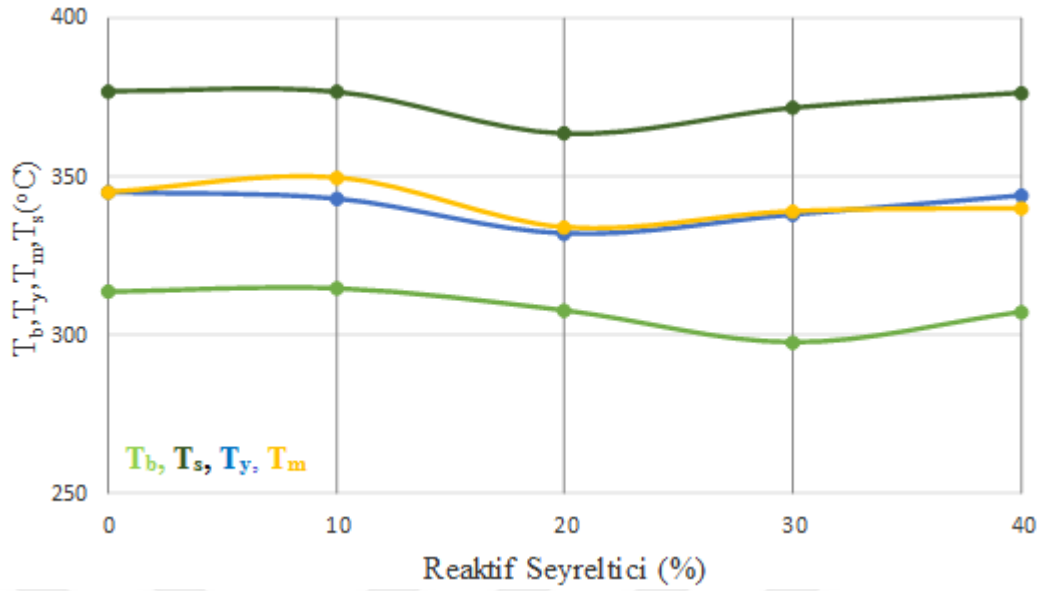
**Şekil 5.54.** SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri

**Çizelge 5.8.** Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b(^{\circ}\text{C})$	$T_y(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_s(^{\circ}\text{C})$	%	$R_m(\%/^{\circ}\text{C})$	$W_m(\%)$	$R_{500}(\%)$
0	313,6	345,0	345,1	376,9	0	2,47	47,68	3,44
10	314,7	343,0	349,7	376,7	10	1,21	40,80	3,54
20	307,7	332,0	334,0	363,5	20	1,75	48,75	6,96
30	297,7	338,0	339,1	371,7	30	1,82	49,05	6,70
40	307,3	344,0	340,0	376,4	40	1,14	55,50	8,83

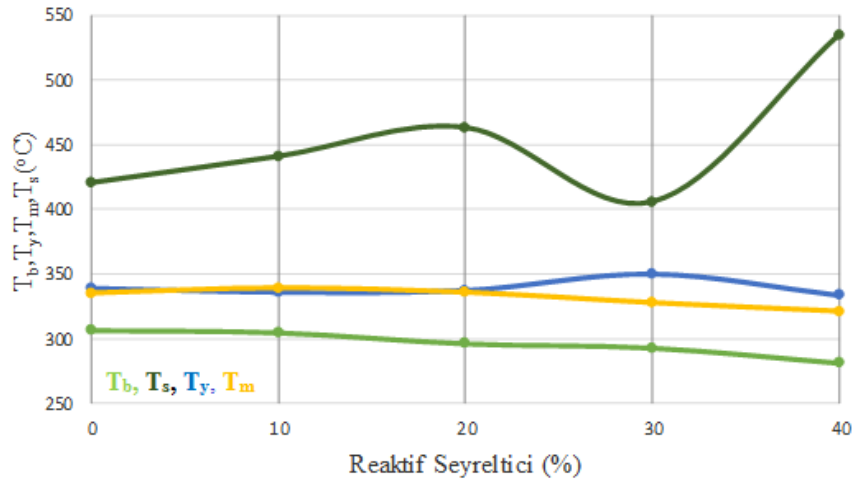
**Çizelge 5.9.** Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b, T_y, T_m, T_s, R_m, W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b(^{\circ}\text{C})$	$T_y(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_s(^{\circ}\text{C})$	%	$R_m(\%/^{\circ}\text{C})$	$W_m(\%)$	$R_{500}(\%)$
0	306,59	339,05	335,26	420,63	0	2,18	54,40	2,19
10	304,81	335,93	339,39	440,95	10	2,65	43,65	0,16
20	296,24	337,31	335,93	463,15	20	1,85	50,97	1,46
30	292,87	350,23	327,70	405,77	30	1,91	47,25	0,46
40	281,09	333,42	321,01	534,78	40	1,52	58,95	17,15



**Şekil 5.55.** Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

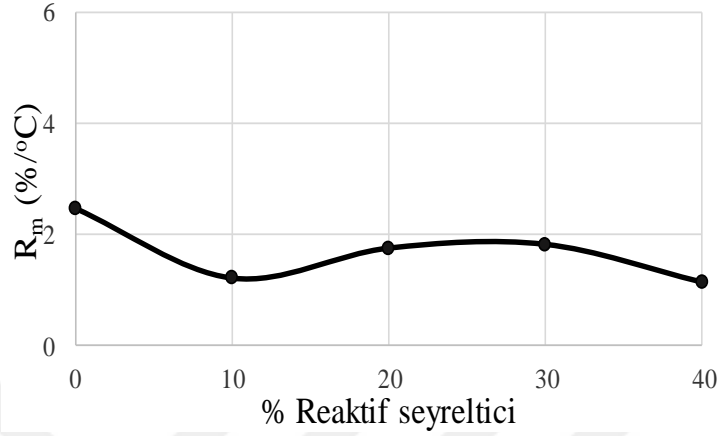
Şekil 5.55'e göre azot ortamında AYTfEM-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerleri reaktif seyreltici bileşimi ile çok az bir azalma göstermiştir.



**Şekil 5.56.** Hava ortamında AYTfEM-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

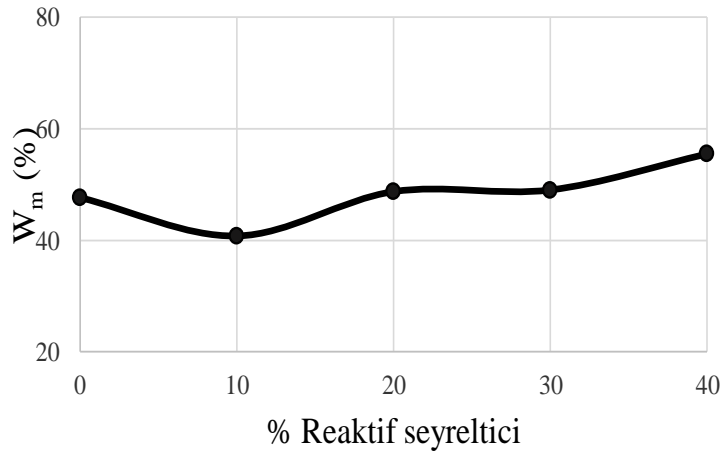
Şekil 5.56'ya göre hava ortamında AYTfEM-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile fazla değişiklik göstermemiştir.

AYTFEM30-SYA boya filmi örneklerinin  $T_s$  değerleri diğer bileşimlere göre artmıştır.



**Şekil 5.57.** Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

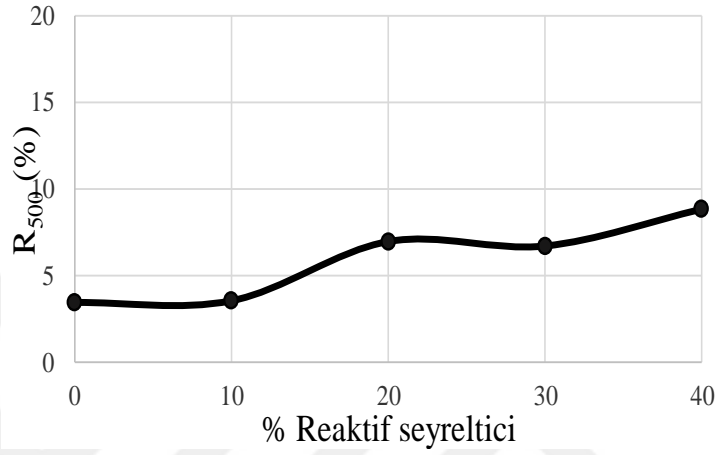
Şekil 5.57'ye göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10, %20, %30 ve %40 olan AYTFEM-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $R_m$  değerleri değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır.



**Şekil 5.58.** Azot ortamında AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

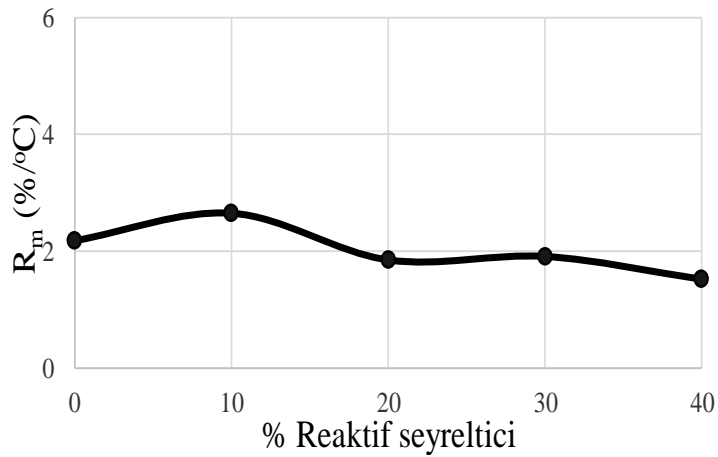


Şekil 5.58'e göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10 olan AYTfEM10-SYA'lı boya filmi örneğinin  $W_m$  değeri SYA' örneğine göre azalmıştır. %20, %30 ve %40 olan AYMAs-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerlerinde SYA örneğine göre artmıştır.



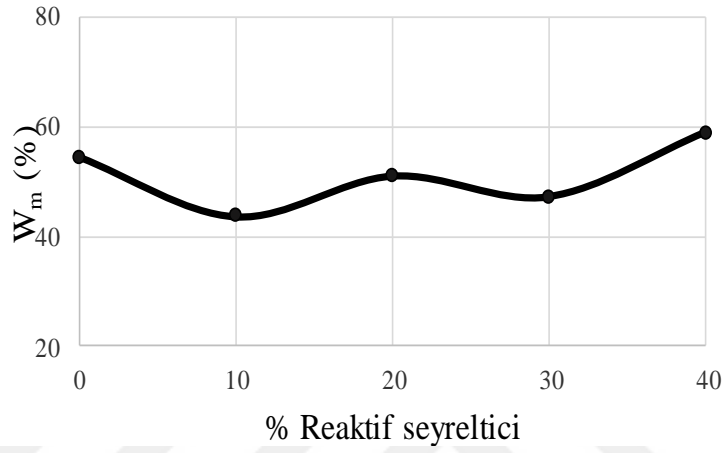
**Şekil 5.59.** Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_{500}$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.59'a göre azot ortamında  $R_{500}$  değerleri reaktif seyreltici bileşimi SYA örneğine göre artmıştır.



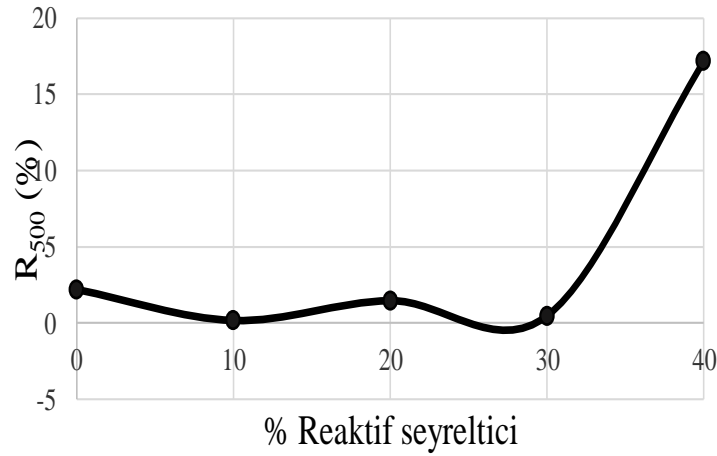
**Şekil 5.60.** Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.60'a göre hava ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10 olan AYTFFEM10-SYA'lı boya filmi örneğinin  $R_m$  değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre artmıştır. %20, %30 ve %40 olan AYTFFEM-SYA'lı boya filmi örneklerinin SYA boya filmi örneklerine göre  $R_m$  değerleri SYA'lı boya filmi örneklerine göre azalmıştır.



**Şekil 5.61.** Hava ortamında AYTFFEM-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.61'e göre hava ortamında AYTFFEM-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerleri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. En fazla azalma AYTFFEM10-SYA'lı boya filmi örneğinde gözlenmiş olup diğer boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerlerinde önemli oranda değişiklik gözlenmemiştir.



**Şekil 5.11.** Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen R<sub>500</sub> değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

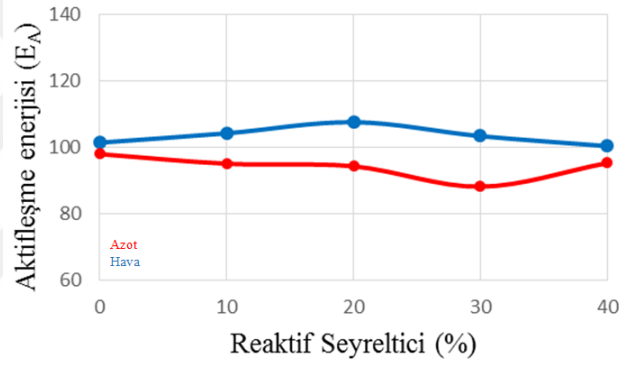
Şekil 5.62'ye göre hava ortamında AYTfEM10-SYA'lı boya filmi örneğinin R<sub>500</sub> değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. AYTfEM20-SYA, AYTfEM30-SYA, boya filmi örneklerinin R<sub>500</sub> değerleri SYA'lı boya filmi örneklerine göre önemli ölçüde değişmemiştir. AYTfEM40-SYA'lı boya filmi örneğinin R<sub>500</sub> değeri SYA'lı boya filmi örneklerine göre önemli ölçüde artmıştır.

**Çizelge 5.10.** Azot ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre E<sub>A</sub>, n, A ve R<sup>2</sup> değerleri

Örnek	Freemman-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	E <sub>A</sub> (kJ mol <sup>-1</sup> )	n	A (s <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup>	E <sub>A</sub> (kJ mol <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
SYA	98,038	0,20	7,13E+06	0,998	93,399	0,997
AYTfEM10-SYA	95,137	0,36	7,00E+06	0,997	80,787	0,998
AYTfEM20-SYA	94,354	0,37	1,53E+07	0,997	80,013	0,997
AYTfEM30-SYA	88,203	0,07	8,90E+06	0,997	70,818	0,997
AYTfEM40-SYA	95,328	1,03	6,48E+06	0,997	92,659	0,997

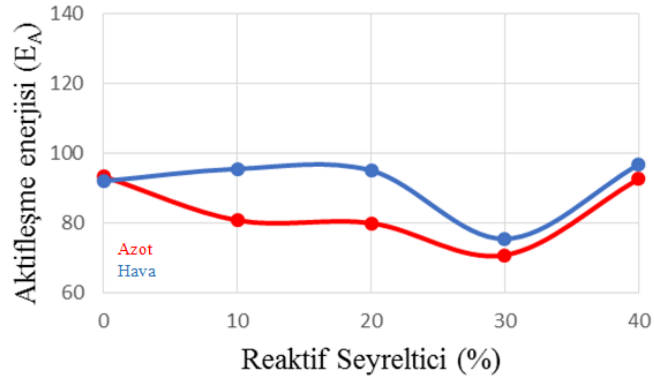
**Çizelge 5.11.** Hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre  $E_A$ ,  $n$ ,  $A$  ve  $R^2$  değerleri

Örnek	Freemmann-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$n$	$A$ (s <sup>2</sup> )	$R^2$	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
SYA	101,497	0,54	2,91E0+7	0,997	92,069	0,998
AYTFEM10-SYA	104,324	0,46	6,75E+06	0,997	95,586	0,998
AYTFEM20-SYA	107,680	0,56	1,23E+06	0,996	95,125	0,998
AYTFEM30-SYA	103,478	0,45	6,81E+06	0,997	75,491	0,998
AYTFEM40-SYA	100,456	1,65	6,67E+06	0,997	96,765	0,996



**Şekil 5.63.** Azot ve hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Freeman Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.63'e göre azot ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) hava ortamına göre daha düşük değerlere sahiptir.



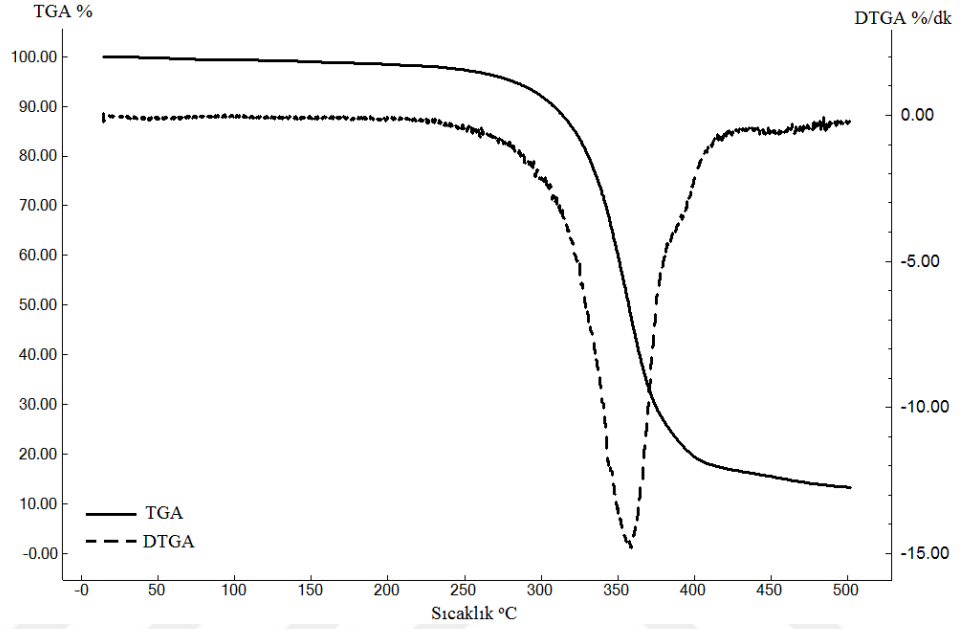
**Şekil 5.64.** Azot ve hava ortamında AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.64'e göre azot ve hava ortamında AYTfEM-SYA'lı Friedman yöntemlerine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) havada genel olarak azalmasına rağmen azotta %20 ye kadar önemli bir değişiklik görülmemiştir sonra azalmıştır.

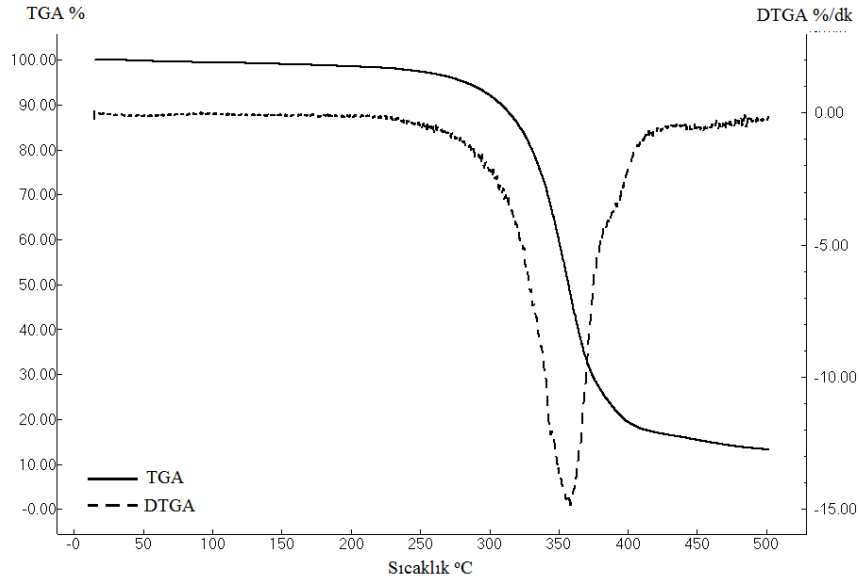
### 5.3.1.3. AYTAEA-SYA boya örneklerinin Termogravimetrik Analiz (TGA) ile ısısal özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA ve AYTfEM-SYA reaktif seyrelticili boya film örneklerinin sıcaklık etkisiyle azot ve hava ortamında bozunmanın başladığı sıcaklık ( $T_b$ ), bozunmanın sonlandığı sıcaklık ( $T_s$ ), yarı ömür sıcaklığı ( $T_y$ ), bozunma hızının maksimum olduğu sıcaklık ( $T_m$ ), maksimum bozunma hızı ( $R_m$ ), maksimum bozunma hızındaki kalan kütlenin yüzdesi ( $W_m$ ) ve 500 °C'de kalan kütlenin yüzdesi ( $R_{500}$ ) değerleri Şekil 5.65 ve Şekil 5.76 arasında gösterilen TGA ve DTGA termogramları ile belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13'te özetlenmiştir Buna ek olarak; boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici oranı ile  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.81 ve Şekil 5.82'de ve reaktif seyreltici oranı ile  $R_{500}$ ,  $R_m$  ve  $W_m$  değerlerinin değişimi Şekil 5.83 ve Şekil 5.88 arasında gösterilmiştir. Ayrıca termogramlardan elde edilen veriler kullanılarak, Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2 verilen Freeman-Carroll ve Friedman yöntemi kullanılarak Aktifleşme enerjisi ( $E_A$ ), tepkime derecesi ( $n$ ), frekans faktörü ( $A$ ) ve regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek sonuçlar Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15'te gösterilmiştir.

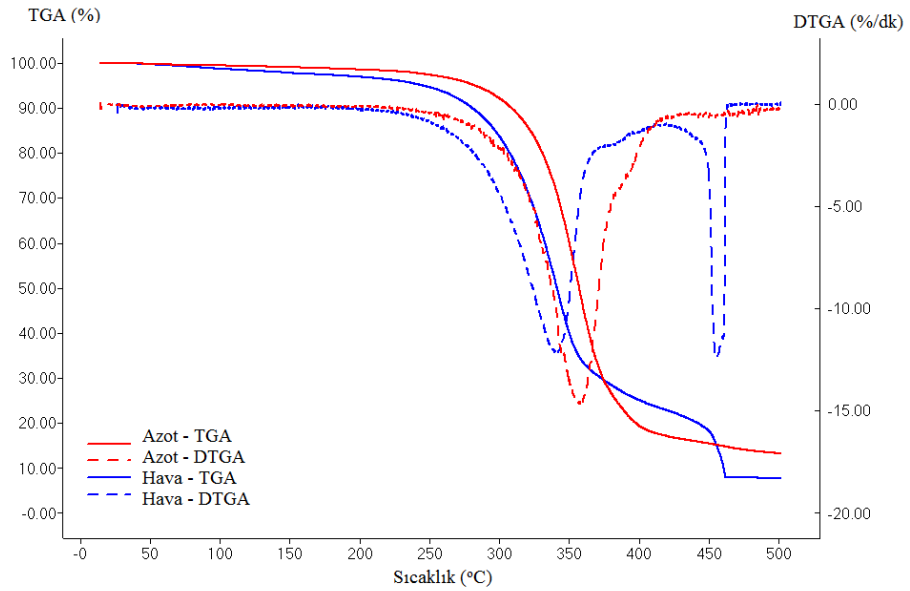
Hava ve azot ortamında Freeman Carroll ve Friedman yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjilerini ( $E_A$ ), reaktif seyreltici oranı ile değişimleri sırasıyla Şekil 5.89 ve Şekil 5.90'da gösterilmiştir.



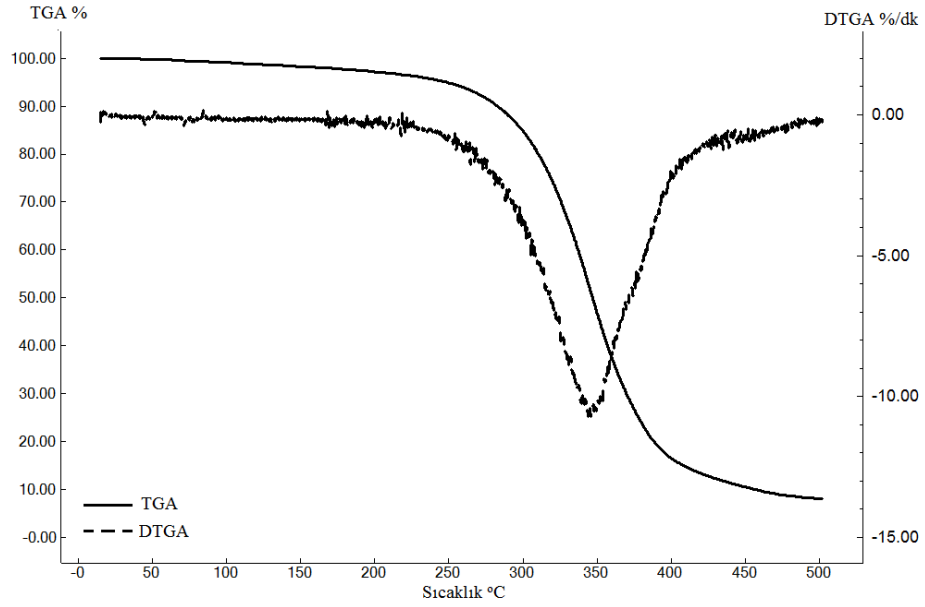
Şekil 5.12. AYTAEA10-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



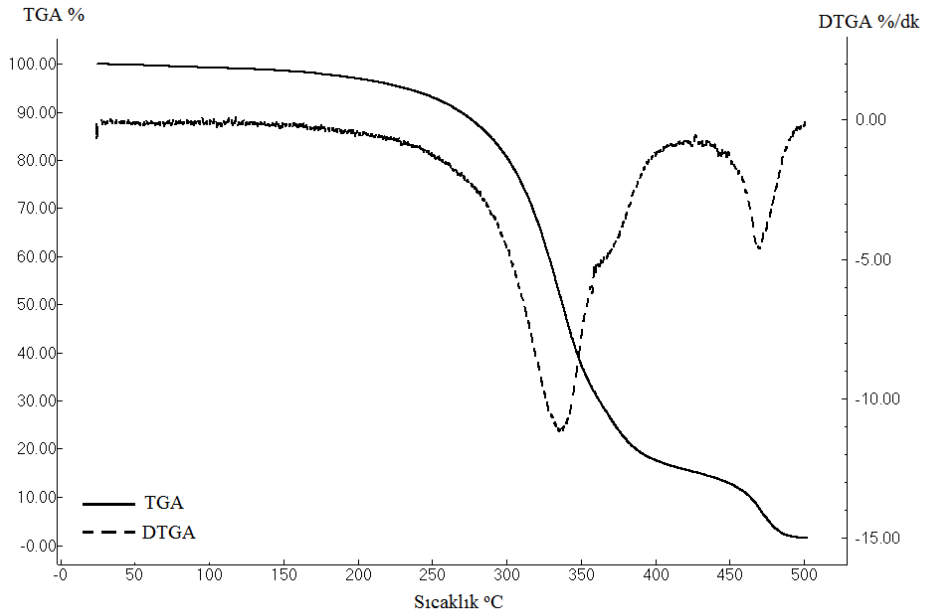
**Şekil 5.66.** AYTAEA10-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



**Şekil 5.13.** SYA ve AYTAEA10-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması

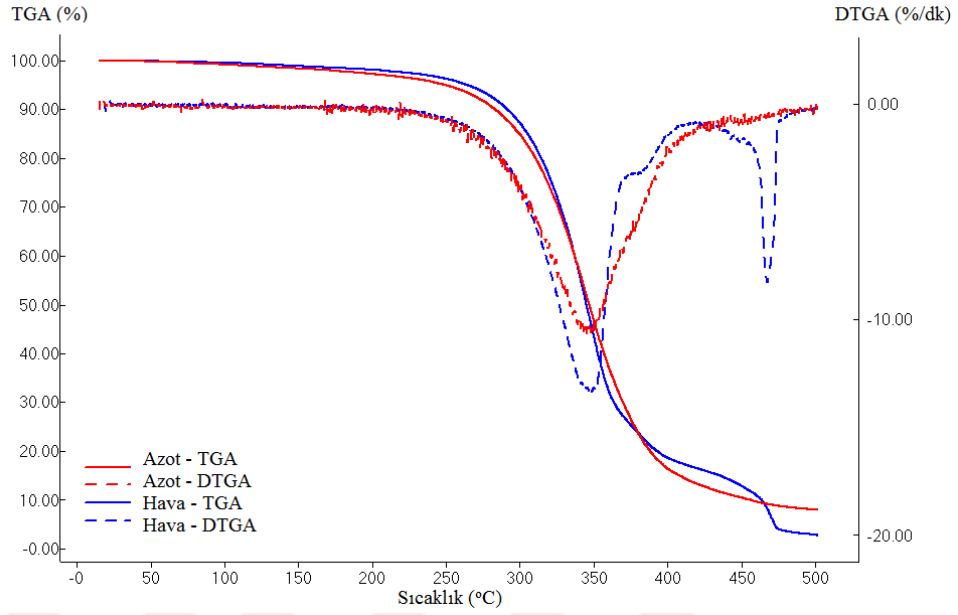


**Şekil 5.68.** AYTAEA20-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

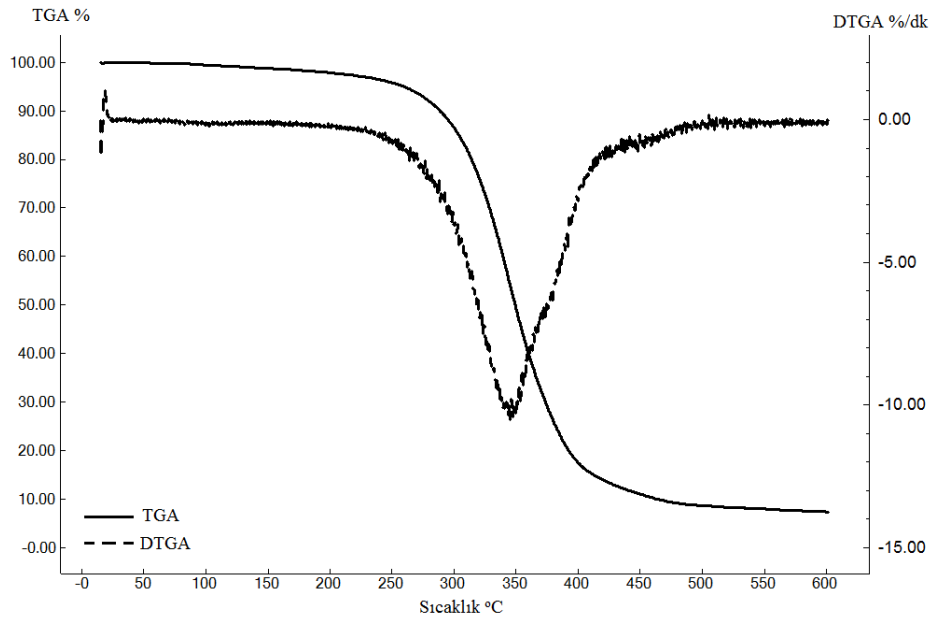


**Şekil 5.69.** AYTAEA20-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri

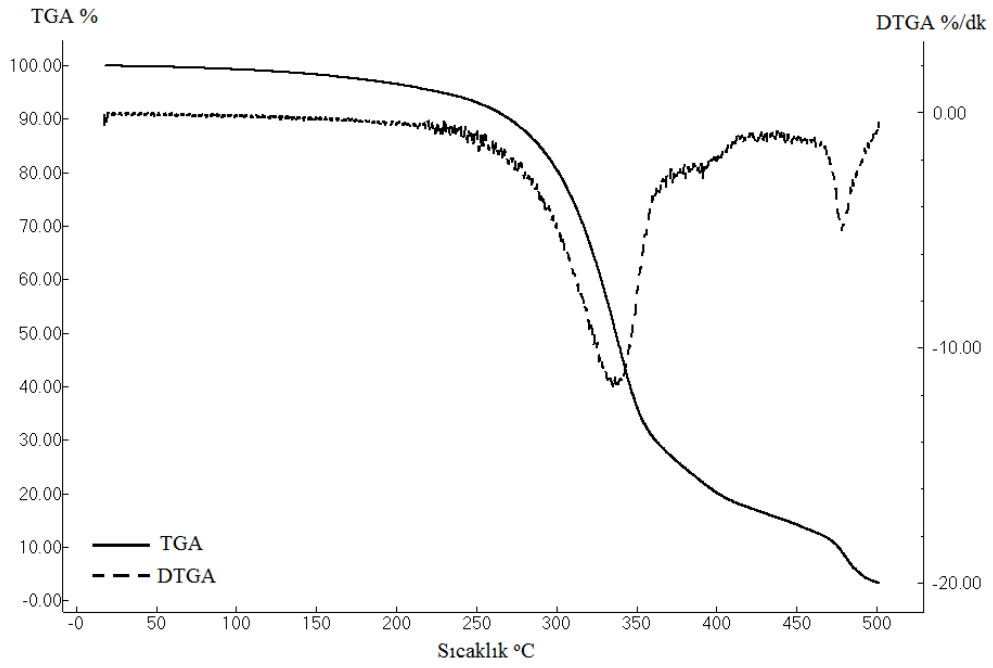




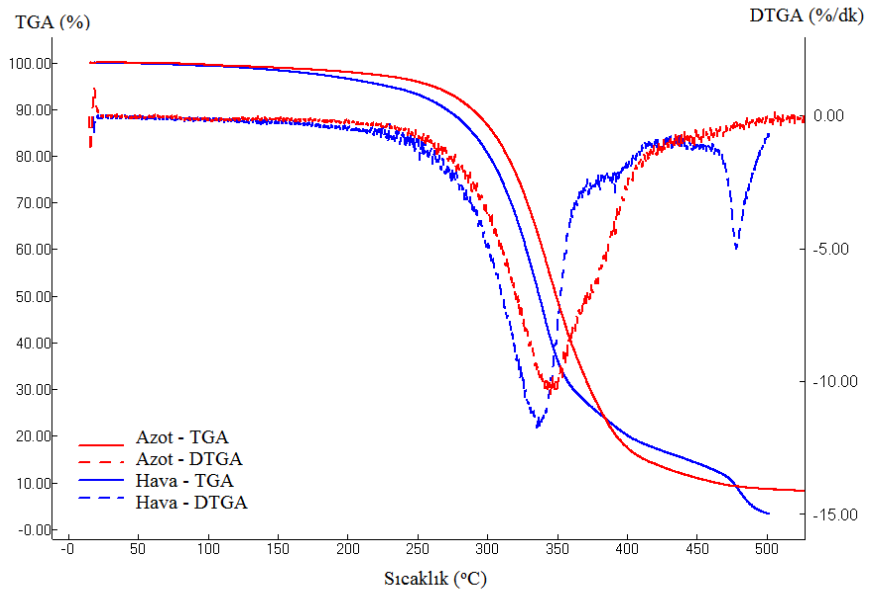
**Şekil 5.70.** SYA ve AYTAEA20-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



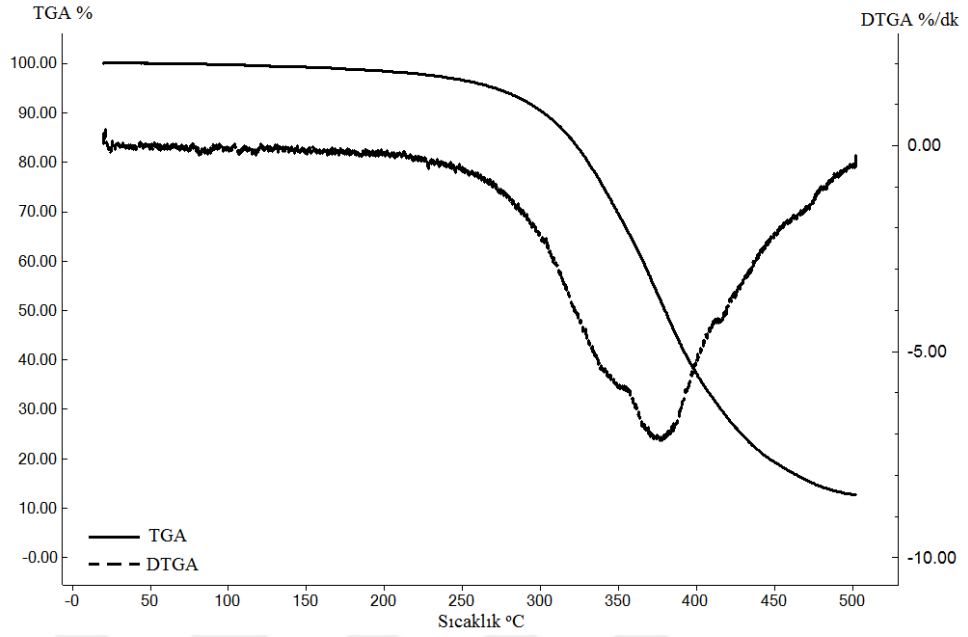
**Şekil 5.71.** AYTAEA30-SYA boya filmi örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



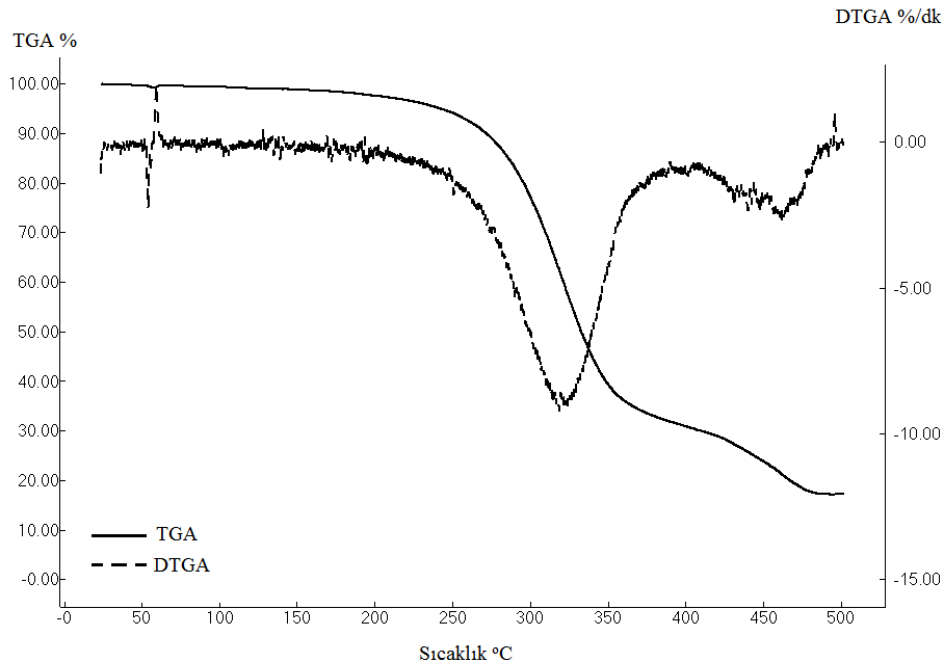
Şekil 5.72. AYTAEA30-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



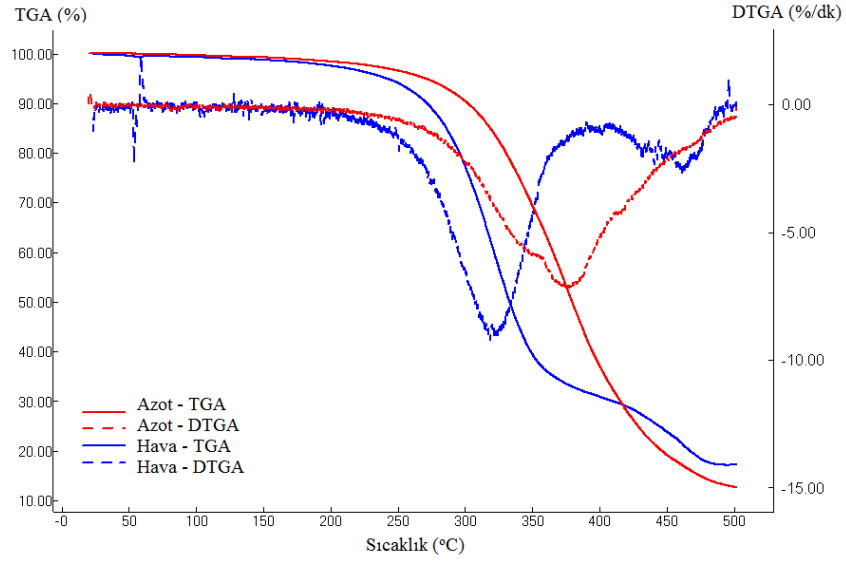
Şekil 5.73. SYA ve AYTAEA30-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



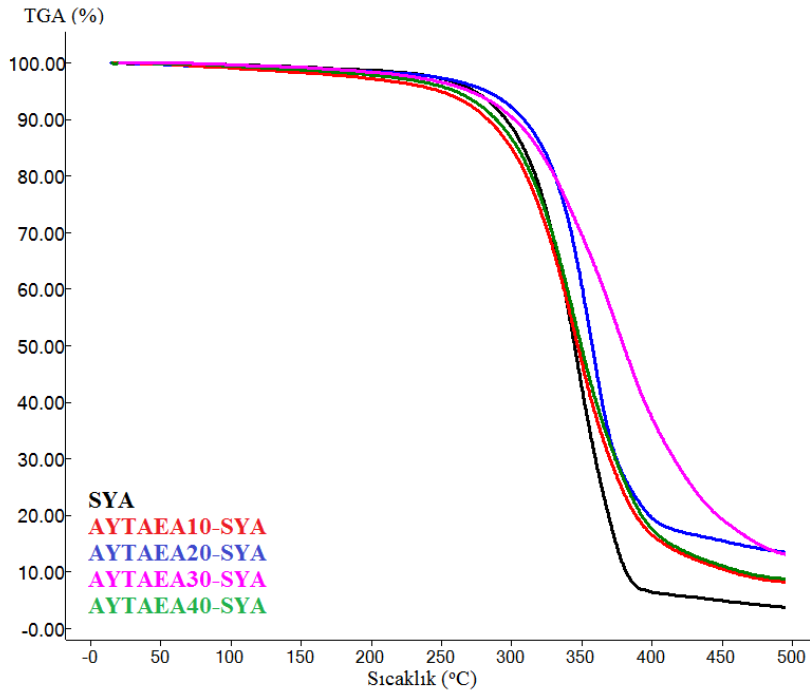
Şekil 5.74. AYTAEA40-SYA boya film örneğinin azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



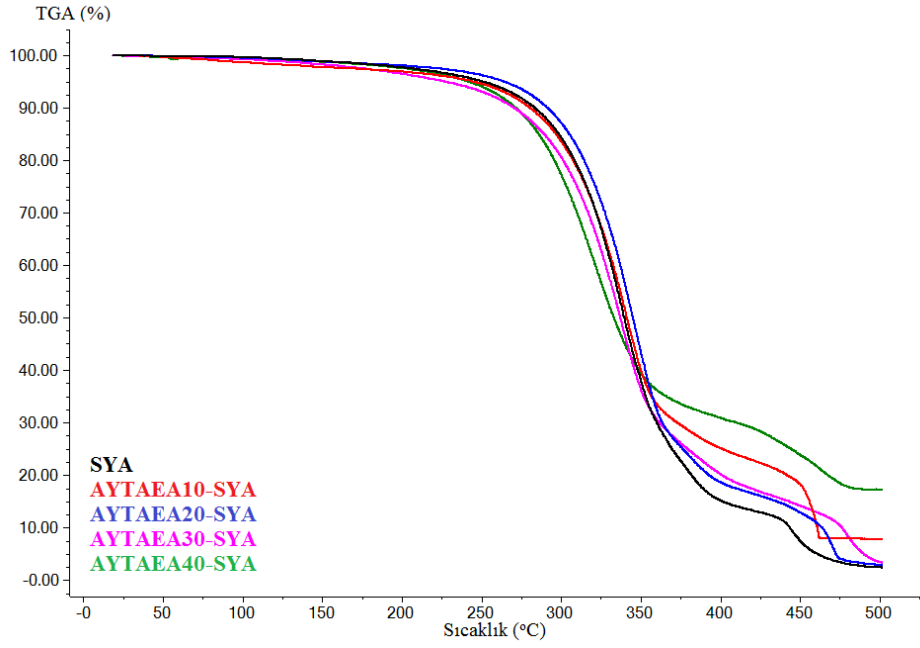
Şekil 5.75. AYTAEA40-SYA boya filmi örneğinin hava ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrileri



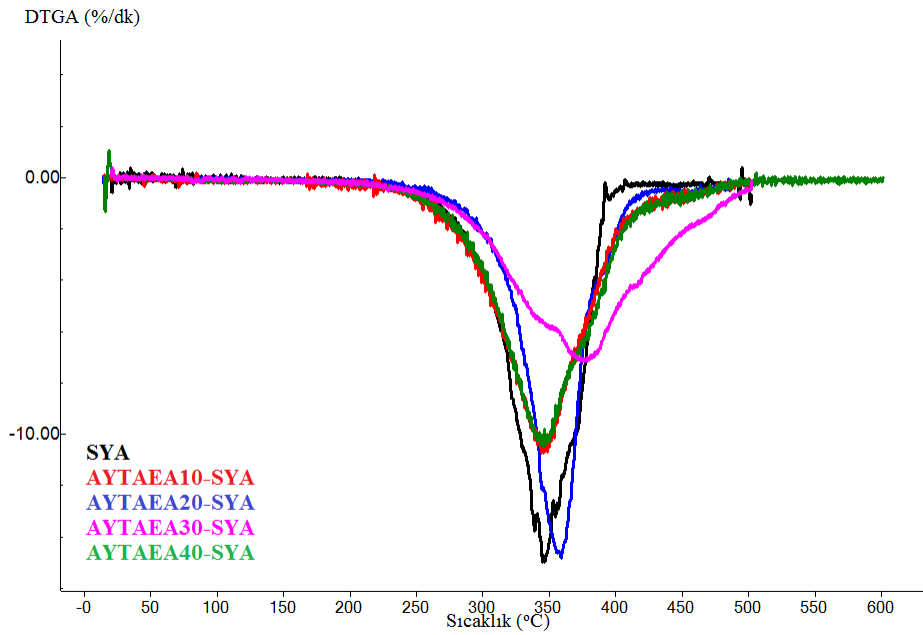
Şekil 5.76. SYA ve AYTAEA10-SYA boya filmi örneklerinin hava-azot ortamında kaydedilen TGA-DTGA eğrilerinin karşılaştırılması



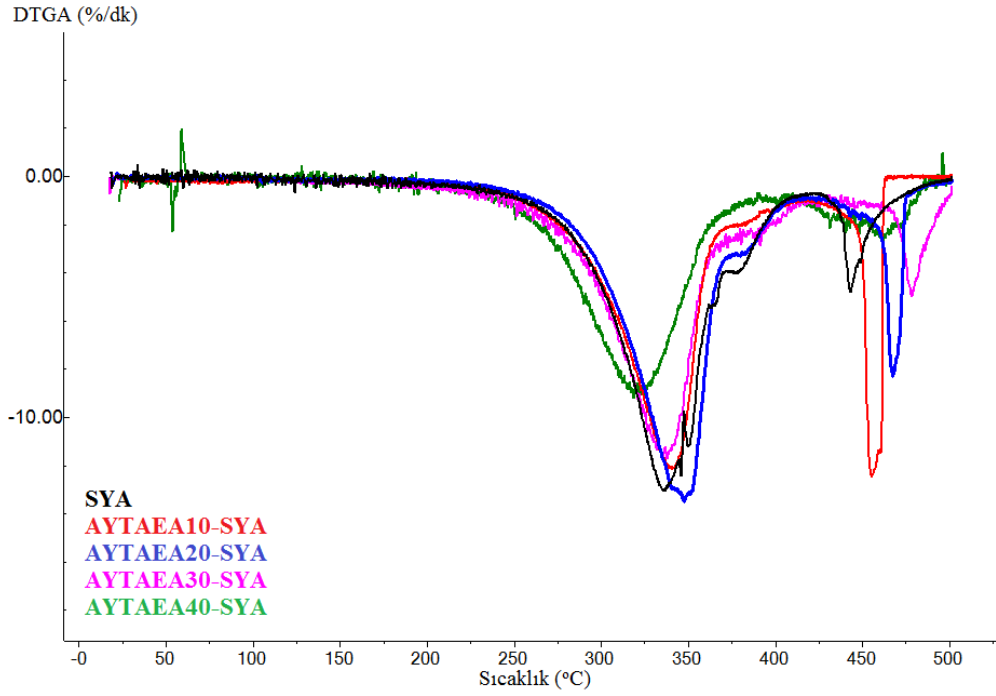
Şekil 5.77. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.78. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen TGA eğrileri



Şekil 5.79. SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin azot ortamında kaydedilen DTGA eğrileri



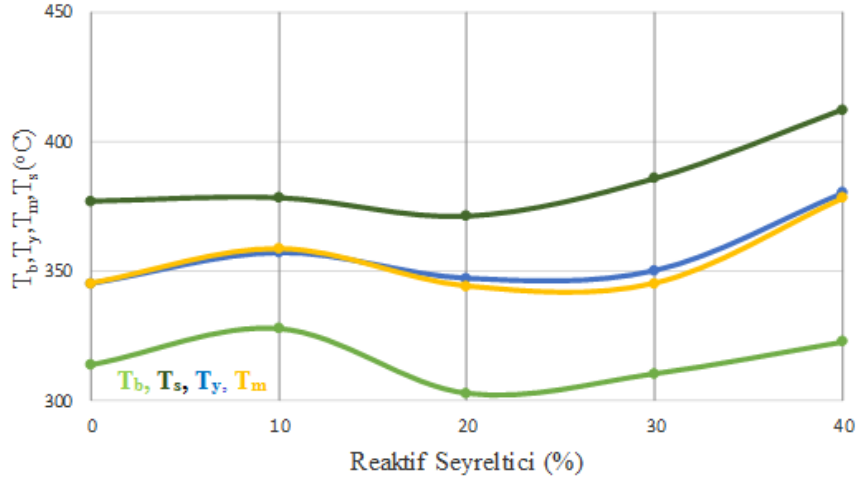
**Şekil 5.80.** SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin hava ortamında kaydedilen DTGA eğrileri

**Çizelge 5.12.** Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b$ ,  $T_y$ ,  $T_m$ ,  $T_s$ ,  $R_m$ ,  $W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b$ (°C)	$T_y$ (°C)	$T_m$ (°C)	$T_s$ (°C)	%	$R_m$ (%/°C)	$W_m$ (%)	$R_{500}$ (%)
0	313,6	345,0	345,1	376,9	0	2,47	47,68	3,44
10	327,8	357,0	358,5	378,2	10	2,46	47,39	2,46
20	302,4	347,0	343,9	371,1	20	1,77	52,46	7,93
30	310,1	350,0	345,0	385,6	30	1,75	54,35	8,54
40	322,5	380,1	378,0	412,1	40	1,20	51,03	12,67

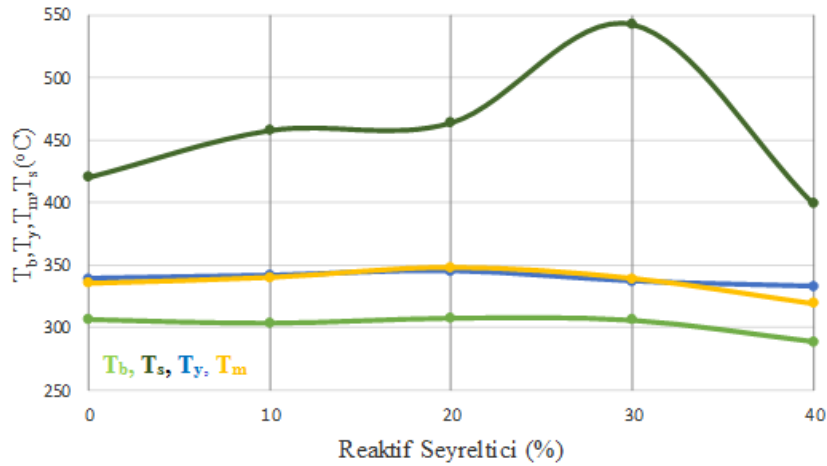
**Çizelge 5.13.** Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin  $T_b$ ,  $T_y$ ,  $T_m$ ,  $T_s$ ,  $R_m$ ,  $W_m$  ve  $R_{500}$  değerleri

%	$T_b$ (°C)	$T_y$ (°C)	$T_m$ (°C)	$T_s$ (°C)	%	$R_m$ (%/°C)	$W_m$ (%)	$R_{500}$ (%)
0	306,59	339,05	335,26	420,63	0	2,18	54,40	2,19
10	303,49	341,53	339,93	457,96	10	2,02	51,12	7,75
20	307,70	345,08	347,87	464,15	20	2,24	46,05	2,81
30	305,95	336,87	339,19	542,68	30	1,91	46,85	3,34
40	288,25	332,73	319,17	399,27	40	1,53	61,57	17,16



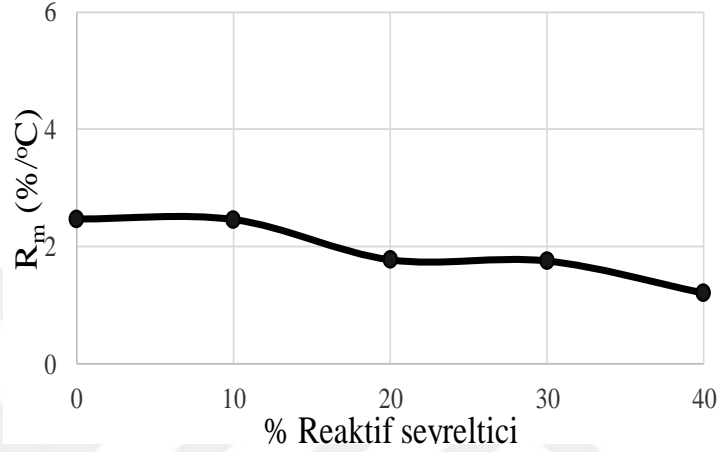
**Şekil 5.81.** Azot ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

Şekil 5.81'e göre azot ortamında AYTAEA-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerleri %20 reaktif seyreltici bileşimi ile fazla değişiklik göstermemiştir ondan sonra hafif artmıştır.



**Şekil 5.82.** Hava ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin AYMAS oranı ile değişimi

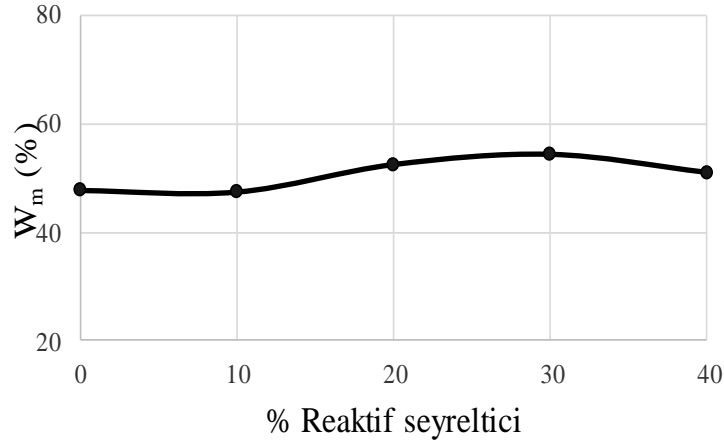
Şekil 5.82'e göre hava ortamında AYTAEA-SYA'lı boya film örneklerinin  $T_b$ ,  $T_s$ ,  $T_y$  ve  $T_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile fazla değişiklik göstermemiştir. AYTFEM30-SYA boya filmi örneklerinin  $T_s$  değerleri diğer bileşimlere göre artmıştır.



**Şekil 5.83.** Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

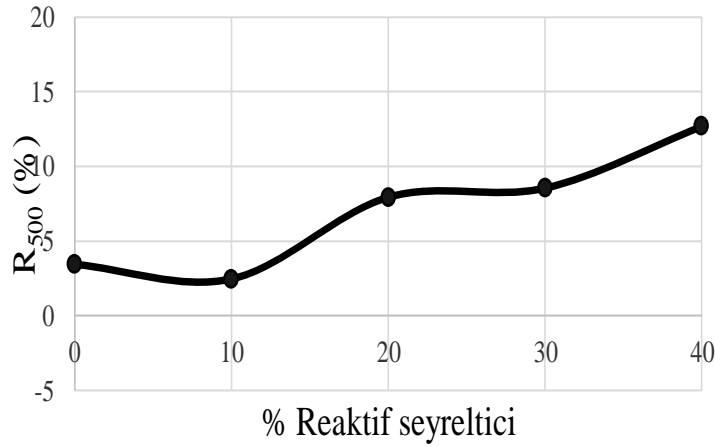
Şekil 5.83'e göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi %10, %20, %30 ve %40 olan AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $R_m$  değerleri değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır.





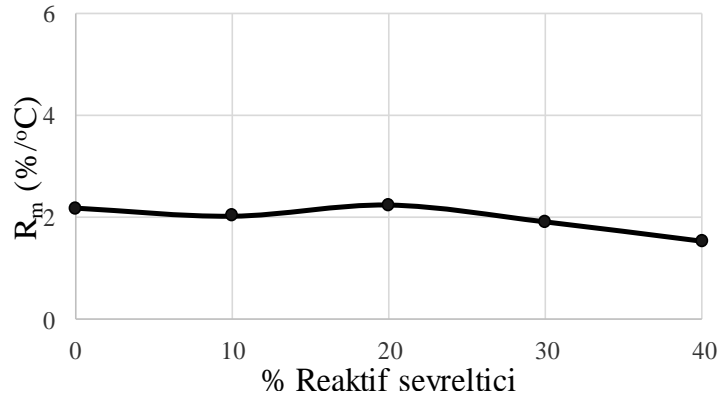
**Şekil 5.84.** Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.84'e göre azot ortamında AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerlerinde SYA örneğine göre önemli hafif bir artma gözlenmiştir.



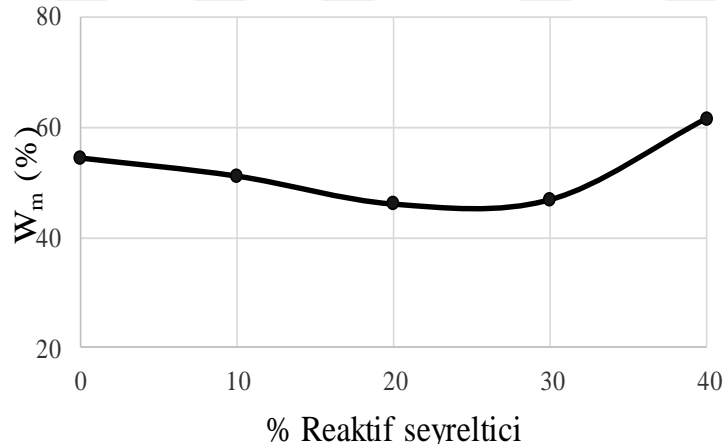
**Şekil 5.85.** Azot ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_{500}$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.85'e göre azot ortamında reaktif seyreltici bileşimi AYTAEA10-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $R_{500}$  değerleri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici AYTFEM20-SYA, AYTFEM30-SYA ve AYTFEM40-SYA'lı boya filmi örneklerinde  $R_{500}$  değerleri SYA'lı boya filmlerine göre artmıştır.



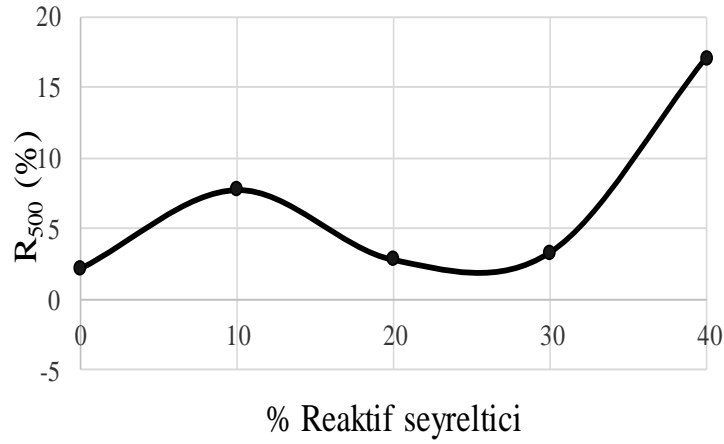
**Şekil 5.86.** Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $R_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.86'ya göre hava ortamında reaktif seyreltici bileşimi ile AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $R_m$  değerlerinde çok az bir azalma görülmüştür.



**Şekil 5.87.** Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen  $W_m$  değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.87'e göre hava ortamında AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin  $W_m$  değerleri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. En fazla azalma AYTAEA30-SYA'lı boya filmi örneğinde gözlenmiş olup AYTAEA40-SYA'lı boya filmi örneğinde SYA'lı boya filmi örneğine göre artmıştır.



**Şekil 5.88.** Hava ortamında AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin TGA ve DTGA eğrilerinden elde edilen R<sub>500</sub> değerlerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

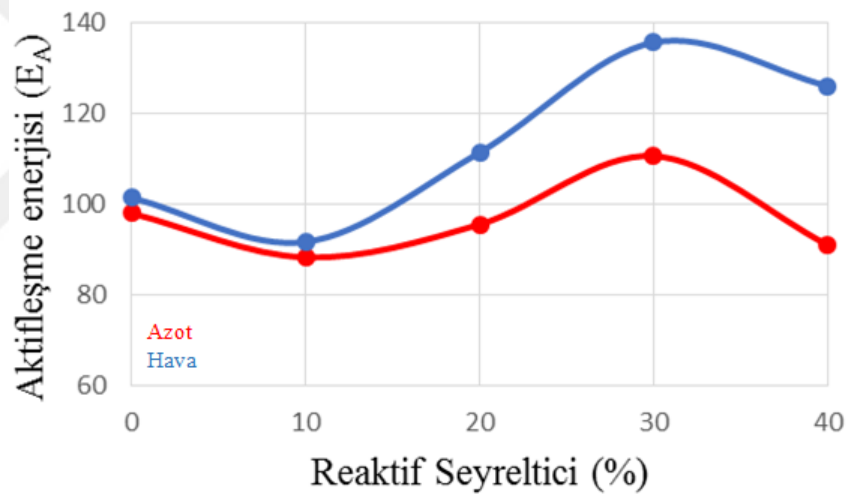
Şekil 5.88'e göre hava ortamında AYTFAEM10-SYA'lı boya filmi örneğinin R<sub>500</sub> değeri SYA'lı boya filmi örneğine göre azalmıştır. AYTAEA20-SYA, AYTAEA30-SYA, boya filmi örneklerinin R<sub>500</sub> değerleri SYA'lı boya filmi örneklerine göre azalırken AYTAEA40-SYA'lı boya filmi örneğinde R<sub>500</sub> değeri artmıştır.

**Çizelge 5.14.** Azot ortamında AYTAEA boya filmi örneklerinin Fremann-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre E<sub>A</sub>, n, A ve R<sup>2</sup> değerleri

Örnek	Freemann-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	E <sub>A</sub> (kJ mol <sup>-1</sup> )	n	A (s <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup>	E <sub>A</sub> (kJ mol <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
SYA	98,038	0,20	7,13E+06	0,998	93,399	0,997
AYTAEA10-SYA	88,327	0,36	4,72E+06	0,997	77,079	0,997
AYTAEA20-SYA	95,619	0,37	1,74E+06	0,997	88,328	0,996
AYTAEA30-SYA	110,717	0,54	2,28E+06	0,997	80,005	0,997
AYTAEA40-SYA	91,104	1,35	8,42E+05	0,999	73,803	0,998

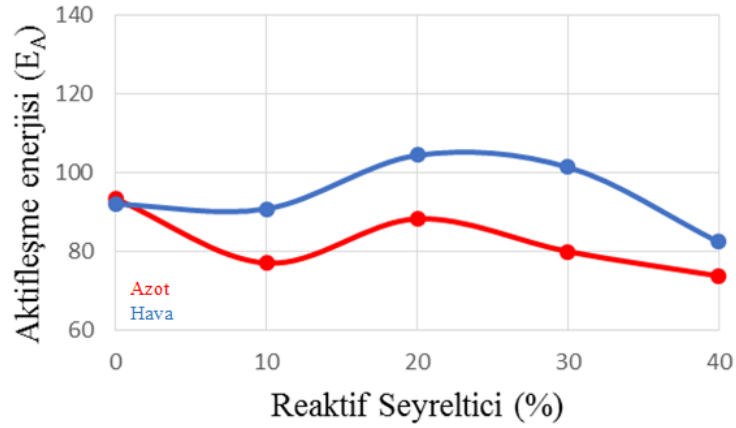
**Çizelge 5.15.** Hava ortamında AYTAEA boya filmi örneklerinin Fremann-Carroll ve Friedman yöntemlerine göre  $E_A$ ,  $n$ ,  $A$  ve  $R^2$  değerleri

Örnek	Freemann-Carroll Yöntemi				Friedman Yöntemi	
	$E_A$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$n$	$A$ (s <sup>2</sup> )	$R^2$	$E_a$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$R^2$
SYA	101,497	0,54	2,91E0+7	0,997	92,069	0,998
AYTAEA10-SYA	91,768	0,65	6,86E+06	0,996	90,876	0,997
AYTAEA20-SYA	111,515	1,80	6,33E+06	0,998	104,489	0,998
AYTAEA30-SYA	135,784	2,60	2,71E+09	0,998	101,480	0,998
AYTAEA40-SYA	126,198	2,73	1,01E+09	0,998	82,400	0,998



**Şekil 5.89.** Azot ve hava ortamında AYTAEA-SYA boya film örneklerinin Freeman-Carroll yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi

Şekil 5.89'a göre hem azot hemde hava ortamında AYTAEA-SYA'lı boya film örneklerinde Freeman-Carroll yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) %10 reaktif seyreltici azalmasına rağmen %20, %30 ve %40 oranlarında SYA göre artmıştır.



**Şekil 5.90.** Azot ve hava ortamında AYTAEA-SYA film örneklerinin Friedman yöntemine göre hesaplanan aktifleşme enerjilerinin ( $E_A$ ) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.90'a göre hava ortamında AYTAEA-SYA'lı boya film örneklerinde Friedman yöntemine göre belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) değişiklik görülmemiştir. Boya filmi örneklerinin azot ortamında belirlenen aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) AYTFEM10-SYA'da azalmış, AYTFEM20-SYA'da azalmış, AYTFEM30-SYA'da artmış ve AYTFEM40-SYA'da azalmıştır.

### 5.3.2. Reaktif seyreltici boya filmi örneklerinin yapısal özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada reaktif seyreltici SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin yapısal özellikleri mikroskop görüntüleri ile incelenmiştir. Bu amaçla 10.0 kV'de 3000 büyütme ile alınan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) tekniğinden faydalanılmıştır. Çalışma sonunda SEM görüntülerinden sonuç alınamamıştır.

### 5.3.3.Reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin viskoelastik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada reaktif seyrelticili SYA, AYMAS-SYA, AYTfEM-SYA ve AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin viskoelastik özelliklerini belirlemek amacıyla Dinamik Mekanik Analiz (DMA) yönteminden faydalanılmıştır. DMA yöntemi ile film örneklerinin camı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) ve çapraz bağ yoğunlukları ( $\nu_e$ ) tespit edilmiştir.

Boya film örneklerinin camı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ), Şekil 5.91'de örnek olarak gösterilen, Dinamik Mekanik Analiz eğrilerinde sıcaklıkla  $\tan\delta$ 'nın değişim eğrisinin pik maksimumu ile tespit edilmiştir. Buna ek olarak DMA eğrileri yardımıyla boya filmi örneklerinin camı geçiş sıcaklığındaki depolama modülü ( $\epsilon^*$ ) tespit edilerek Eşitlik 5.3 kullanılarak çapraz bağ yoğunlukları ( $\nu_e$ ) hesaplanmıştır.

$$\tan\delta = \epsilon^{**}/\epsilon^*$$

$\epsilon^{**}$  :Filmin kayıp modülü,

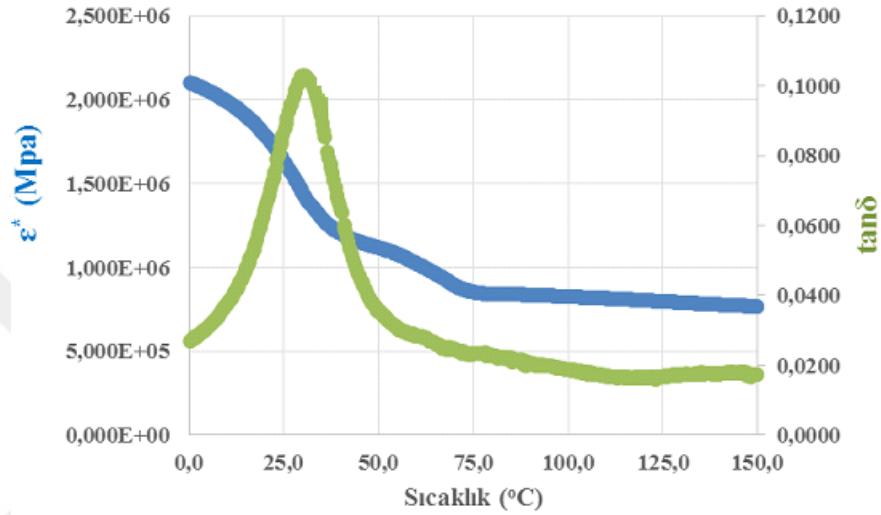
$\epsilon^*$  :Filmin depolama modülüdür.

$$\nu_e: 3RT_g / \epsilon^* \quad (5.3.)$$

#### 5.3.3.1. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Dinamik Mekanik Analiz (DMA) yöntemi ile viskoelastik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA ve AYMAS-SYA film örneklerinin camı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) ve çapraz bağ yoğunlukları ( $\nu_e$ ) DMA eğrileri ile tespit edilmiştir. Boya filmi örneklerinin camı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ), Dinamik Mekanik Analiz eğrilerinde sıcaklıkla  $\tan\delta$ 'nın değişim eğrisinin pik maksimumu ile tespit edilmiştir. Buna ek olarak DMA eğrileri yardımıyla film örneklerinin camı geçiş sıcaklığındaki depolama modülü ( $\epsilon^*$ ) tespit edilerek Eşitlik 5.3 kullanılarak çapraz bağ yoğunlukları ( $\nu_e$ ) hesaplanmıştır.

Şekil 5.91'den belirlenen  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$  ve  $\tan\delta$  değerleri yardımıyla hesaplanan çapraz bağ yoğunluğu ( $\nu_e$ ) ve camlı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) değerleri Çizelge 5.16'da gösterilmiştir. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin, reaktif seyreltici bileşimi ile  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $T_g$  ve  $\nu_e$  değerlerinin değişimi Şekil 5.92 ve Şekil 5.95 arasında gösterilmiştir.

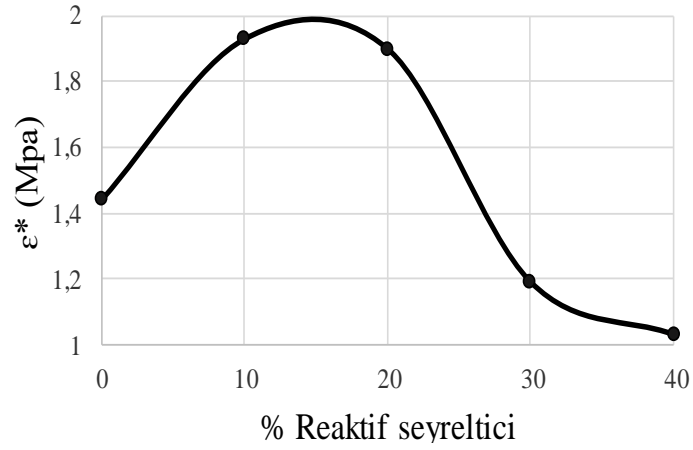


Şekil 5.91. SYA boya filmi örneğinin  $\epsilon^*$  ve  $\tan\delta$  değerlerinin sıcaklıkla değişimi ( $T_g$ : 30,4 °C)

Çizelge 5.16. SYA ve AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $\tan\delta$ ,  $T_g$ ,  $\nu_e$  değerleri

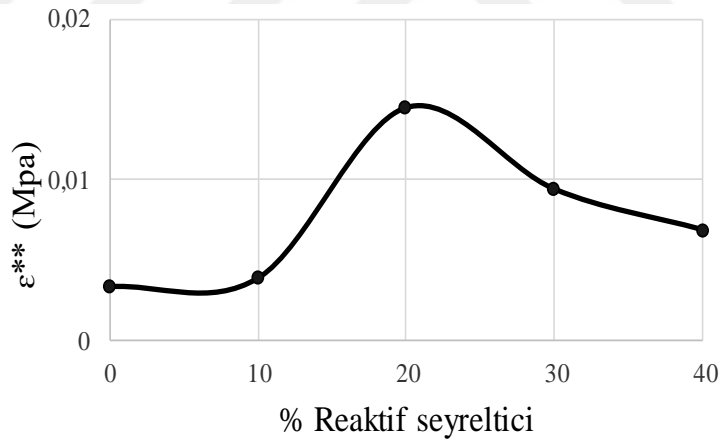
Örnek	$\epsilon^*$ (Pa)	$\epsilon^{**}$ (Pa)	$\tan\delta$	$T_g$ (°C)	$\nu_e$ (mol/m <sup>3</sup> )
SYA	1,44E+06	3,34E+04	0,0232	30,4	190,2
AYMAS10-SYA	1,93E+06	3,88E+04	0,0201	37,1	249,4
AYMAS20-SYA	1,90E+06	1,45E+05	0,0763	36,7	245,8
AYMAS30-SYA	1,19E+06	9,42E+04	0,0792	35,3	154,7
AYMAS40-SYA	1,03E+06	6,89E+04	0,0669	34,9	134,1

Çizelge 5.16'da verilen AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin, reaktif seyreltici bileşimi ile  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $T_g$  ve  $\nu_e$  değerlerinin değişimi Şekil 5.96 ve Şekil 5.99 arasında gösterilmiştir.



**Şekil 5.92.** AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

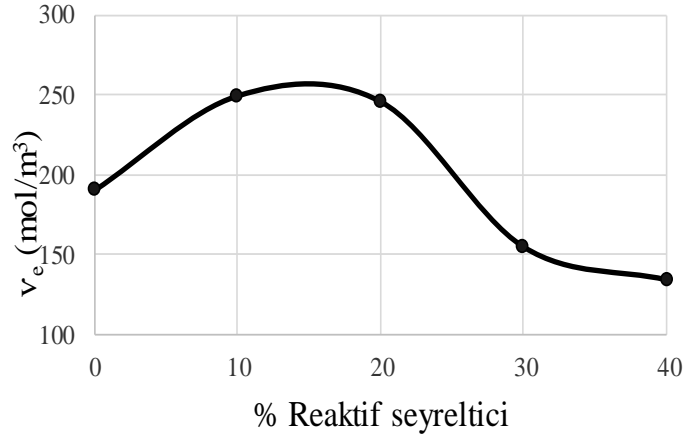
Şekil 5.92'ye göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $\epsilon^*$  değerleri %10 ve %20 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %30 ve %40 bileşiminde azalmıştır.



**Şekil 5.93.** AYMAS-SYA film örneklerinin  $\epsilon^{**}$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

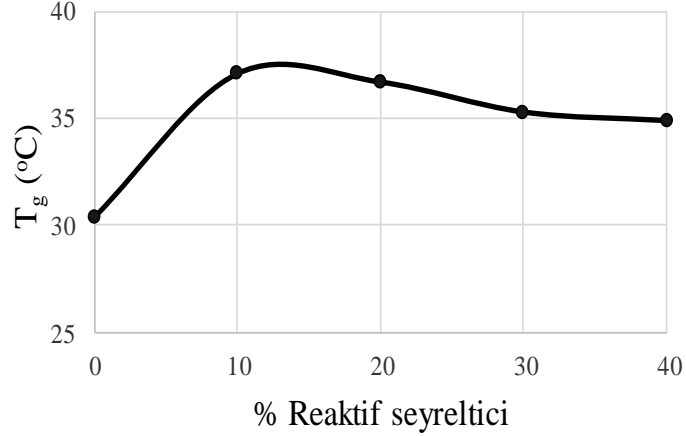
Şekil 5.93'e göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $\epsilon^{**}$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde değişmemiş %20 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %30 ve %40 bileşiminde azalmıştır.





**Şekil 5.94.** AYMAS-SYA film örneklerinin  $v_e$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.94'e göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $v_e$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20 reaktif seyreltici bileşiminde değişmemiş %30 ve %40 bileşiminde azalmıştır.



**Şekil 5.14.** AYMAS-SYA film örneklerinin  $T_g$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

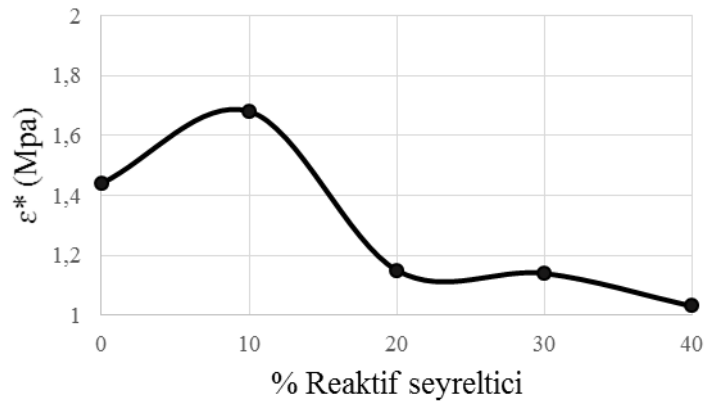
Şekil 5.95'e göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $T_g$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış, %20, %30 ve %40 bileşiminde azalmıştır.

### 5.3.3.2. AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Dinamik Mekanik Analiz (DMA) yöntemi ile viskoelastik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin camsı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) ve çapraz bağ yoğunlukları ( $v_e$ ) DMA eğrileri ile tespit edilmiştir. Film örneklerinin camsı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ), Dinamik Mekanik Analiz eğrilerinde sıcaklıkla  $\tan\delta$ 'nın değişim eğrisinin pik maksimumu ile tespit edilmiştir. Buna ek olarak DMA eğrileri yardımıyla film örneklerinin camsı geçiş sıcaklığındaki depolama modülü ( $\epsilon^*$ ) tespit edilerek Eşitlik 5.3 kullanılarak çapraz bağ yoğunlukları ( $v_e$ ) hesaplanmıştır. Çizelge 5.17'de verilen AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin, reaktif seyreltici bileşimi ile  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $T_g$  ve  $v_e$  değerlerinin değişimi Şekil 5.96 ve Şekil 5.99 arasında gösterilmiştir.

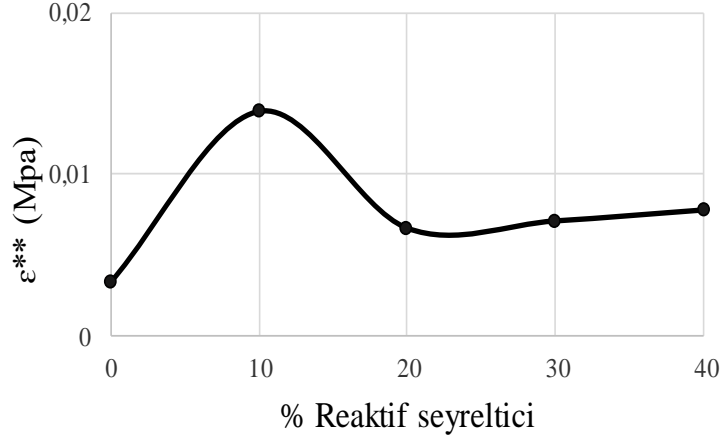
**Çizelge 5.17.** SYA ve AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $\tan\delta$ ,  $T_g$ ,  $v_e$  değerleri

Örnek	$\epsilon^*$ (Pa)	$\epsilon^{**}$ (Pa)	$\tan\delta$	$T_g$ ( $^{\circ}$ C)	$V_e$ (mol/m <sup>3</sup> )
SYA	1,44E+06	3,34E+04	0,0232	30,4	190,2
AYTfEM10-SYA	1,68E+06	1,39E+05	0,0826	29,2	222,7
AYTfEM20-SYA	1,15E+06	6,66E+04	0,0579	26,4	153,9
AYTfEM30-SYA	1,14E+06	7,11E+04	0,0624	25,7	152,9
AYTfEM40-SYA	1,04E+06	7,79E+04	0,0749	20,5	141,9



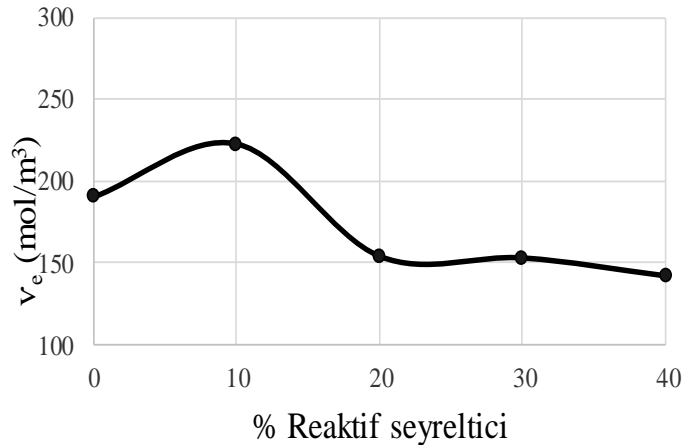
**Şekil 5.15.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.96'ya göre AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinde  $\epsilon^*$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20, %30 ve %40 bileşiminde azalmıştır.



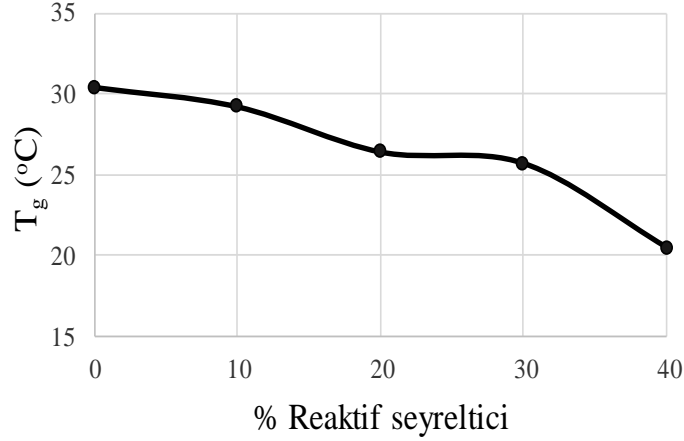
**Şekil 5.16.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^{**}$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.97'e göre AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinde  $\epsilon^{**}$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde SYA'lı boya filmi örneklerine göre artmıştır.



**Şekil 5.17.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin  $v_e$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.98'e göre AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinde  $v_e$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır.



**Şekil 5.99.** AYTfEM-SYA film örneklerinin  $T_g$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

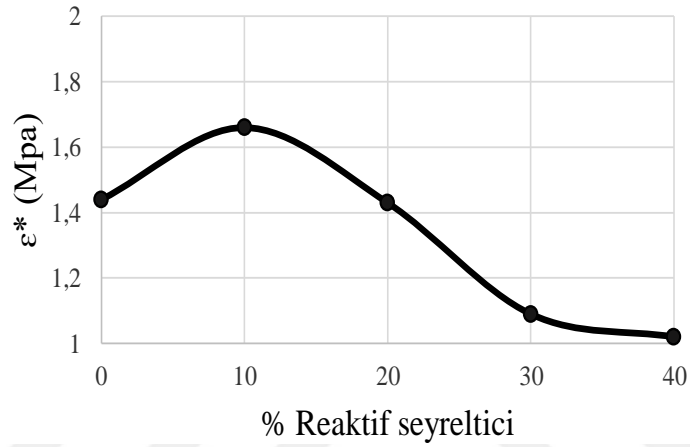
Şekil 5.99'a göre AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinde  $T_g$  değerleri %10, %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır.

### 5.3.3.3. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin Dinamik Mekanik Analiz (DMA) yöntemi ile viskoelastik özelliklerinin incelenmesi

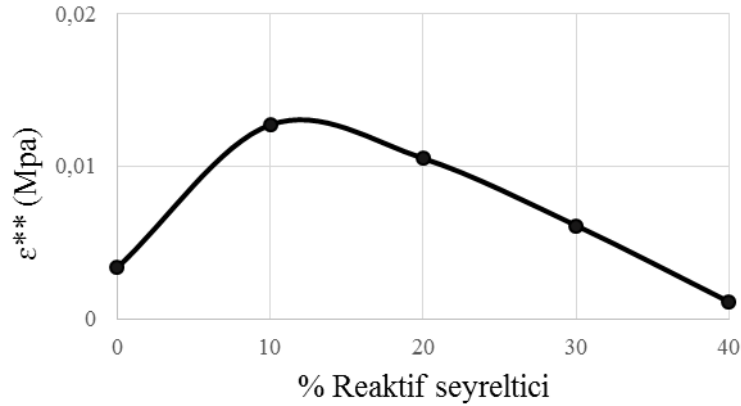
Bu çalışmada SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin camsı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) ve çapraz bağ yoğunlukları ( $v_e$ ) DMA eğrileri ile tespit edilmiştir. Boya filmi örneklerinin camsı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ), Dinamik Mekanik Analiz eğrilerinde sıcaklıkla  $\tan\delta$ 'nın değişim eğrisinin pik maksimumu ile tespit edilmiştir. Buna ek olarak DMA eğrileri yardımıyla film örneklerinin camsı geçiş sıcaklığındaki depolama modülü ( $\epsilon^*$ ) tespit edilerek Eşitlik 5.3 kullanılarak çapraz bağ yoğunlukları ( $v_e$ ) hesaplanmıştır. Çizelge 5.18'de verilen AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin, reaktif seyreltici bileşimi ile  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $T_g$  ve  $v_e$  değerlerinin değişimi Şekil 5.100 ve Şekil 5.103 arasında gösterilmiştir.

**Çizelge 5.18.** SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$ ,  $\epsilon^{**}$ ,  $\tan\delta$ ,  $T_g$  ve  $v_e$  değerleri

Örnek	$\epsilon^*$ (Pa)	$\epsilon^{**}$ (Pa)	$\tan\delta$	$T_g$ ( $^{\circ}$ C)	$v_e$ (mol/m <sup>3</sup> )
SYA	1,44E+06	3,34E+04	0,0232	30,4	190,2
AYTAEA10-SYA	1,66E+06	1,27E+05	0,0763	37,6	214,1
AYTAEA20-SYA	1,43E+06	1,05E+05	0,0736	35,4	185,8
AYTAEA30-SYA	1,09E+06	6,10E+04	0,0560	33,5	142,5
AYTAEA40-SYA	1,02E+06	1,09E+05	0,1069	31,2	134,3

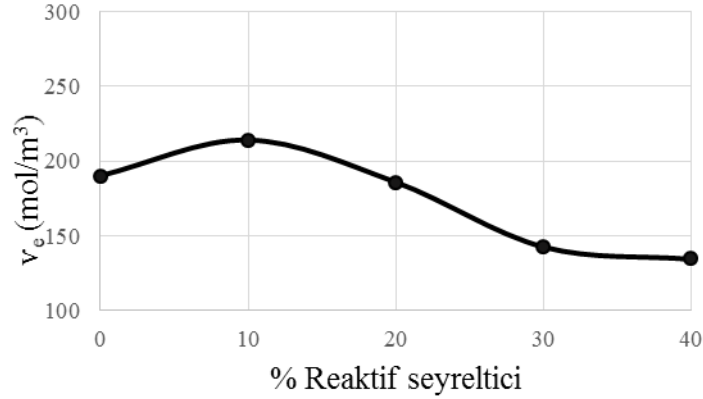


**Şekil 5.100.** AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin  $\epsilon^*$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi



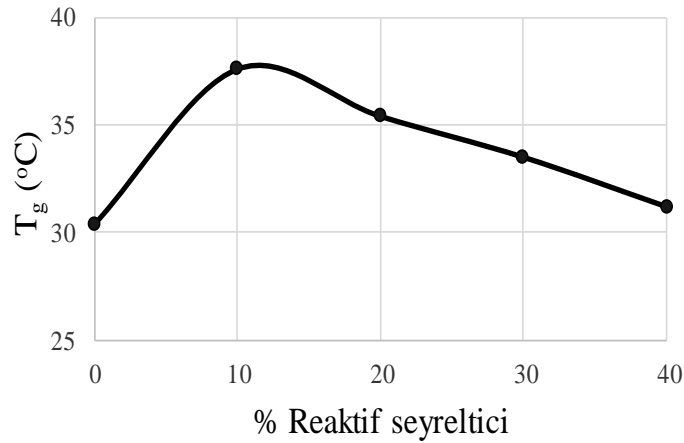
**Şekil 5.18.** AYTAEA-SYA film örneklerinin  $\epsilon^{**}$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.101'e göre AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinde  $\epsilon^{**}$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde SYA'lı boya filmi örneklerine göre azalmıştır.



**Şekil 5.102.** AYTAEA-SYA film örneklerinin ve değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.102'ye göre AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinde  $v_e$  değerleri %10 reaktif seyreltici bileşiminde artmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır.



**Şekil 5.103.** AYTAEA-SYA film örneklerinin  $T_g$  değerlerinin reaktif seyreltici % bileşimi ile değişimi

Şekil 5.103'e göre AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinde  $T_g$  değerleri %10, %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır.

#### 5.3.4. Reaktif seyreltici boya filmi örneklerinin diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) yöntemi ile viskoelastik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada reaktif seyreltici SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin camısı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) yöntemi ile tespit edilerek Dinamik Mekanik Analiz yönteminde (DMA) tespit edilen camısı geçiş sıcaklıkları ( $T_g$ ) ile karşılaştırılarak sonuçlar Çizelge 5.19, Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21'de ve Şekil 5.104, Şekil 5.105 ve Şekil 5.106'da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.19.** AYMAS-SYA film örneklerinin camısı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

Örnek Kodu	DSC - $T_g$ (°C)	DMA- $T_g$ (°C)
SYA	28,3	30,4
AYMAS10-SYA	36,6	37,1
AYMAS20-SYA	35,7	36,7
AYMAS30-SYA	32,4	35,3
AYMAS40-SYA	31,6	34,9

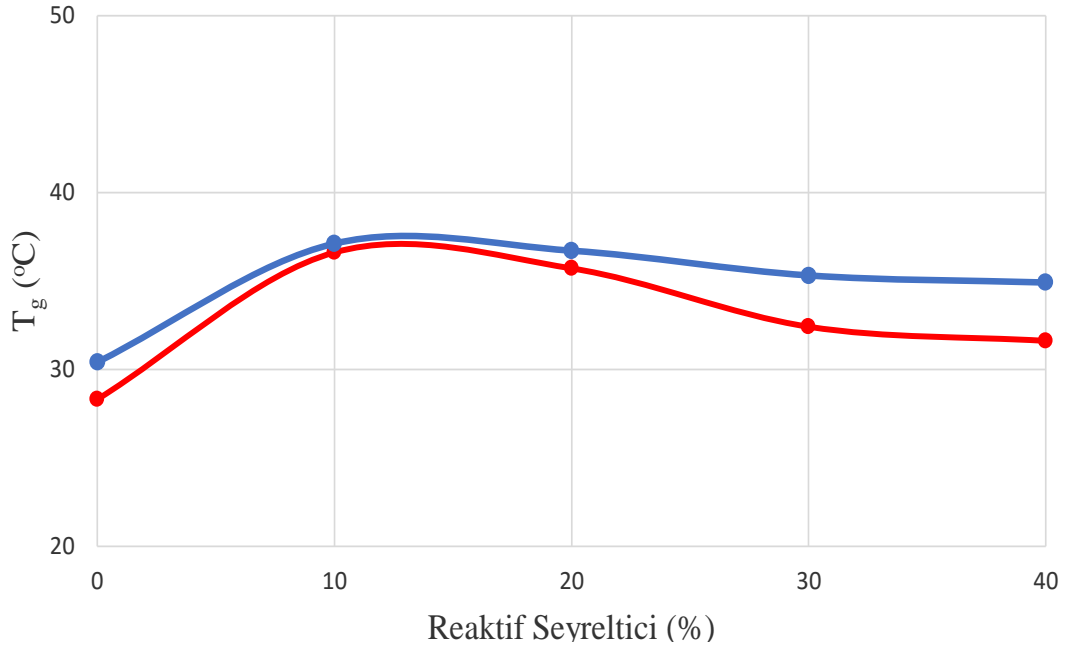
**Çizelge 5.20.** AYTFEM-SYA film örneklerinin camısı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

Örnek Kodu	DSC - $T_g$ (°C)	DMA- $T_g$ (°C)
SYA	28,3	30,4
AYTFEM10-SYA	25,8	29,2
AYTFEM20-SYA	23,1	26,4
AYTFEM30-SYA	21,2	25,7
AYTFEM40-SYA	19,8	20,5

**Çizelge 5.21.** AYTAEA-SYA film örneklerinin camsı geçiş sıcaklık değerlerinin ( $T_g$ ) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

Örnek Kodu	DSC- $T_g$ (°C)	DMA- $T_g$ (°C)
SYA	28,3	30,4
AYTAEA10-SYA	41,4	37,6
AYTAEA20-SYA	33,4	35,4
AYTAEA30-SYA	30,1	33,5
AYTAEA40-SYA	28,4	31,2

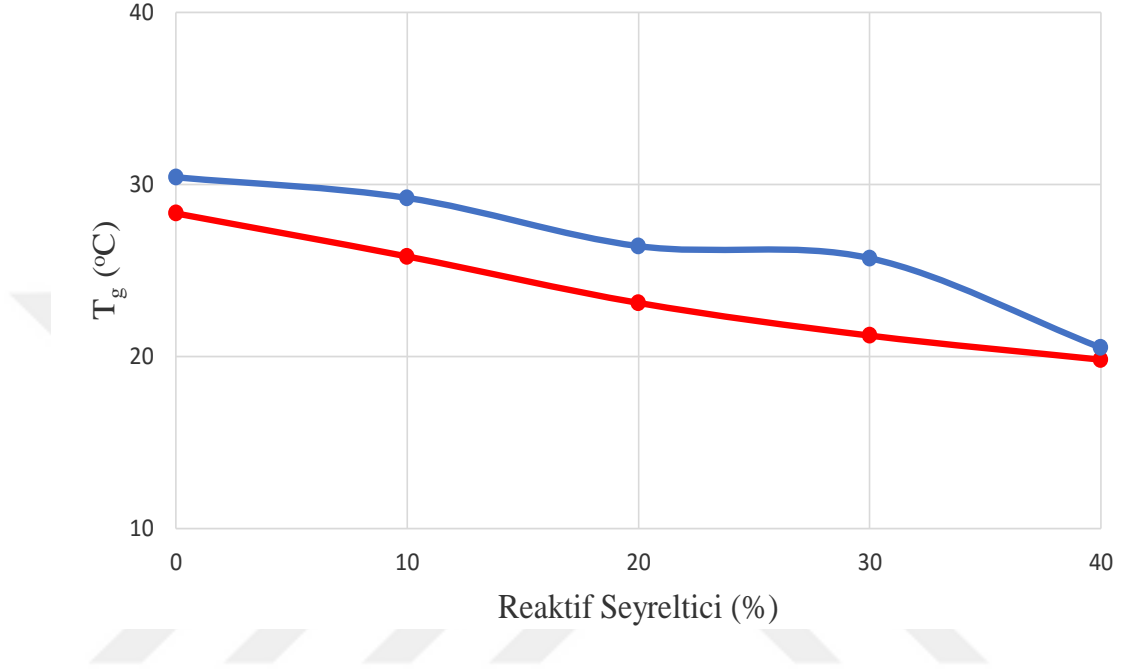
Çizelge 5.19, Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21’de görüldüğü gibi DSC yöntemine göre elde edilen camsı geçiş sıcaklıkları, DMA yöntemine göre elde edilen camsı geçiş sıcaklıklarına yakın olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 5.104.** AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin camsı geçiş sıcaklık değerlerinin  $T_g$  (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

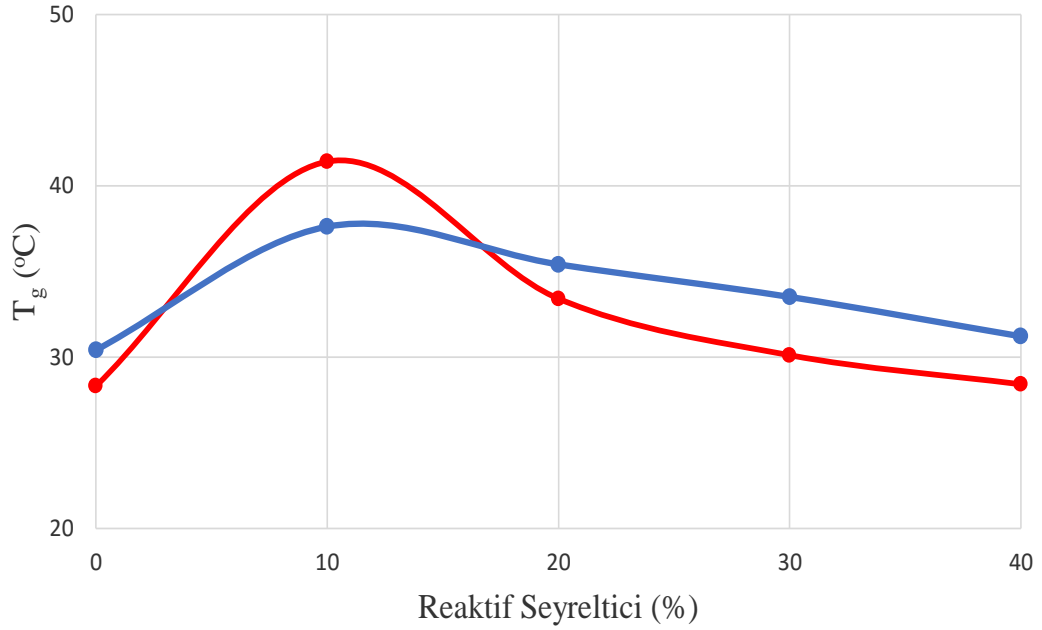


Şekil 5.104'e göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $T_g$  değerleri DSC ve DMA yöntemlerinde birbirine yakın tespit edilmiştir. Reaktif seyreltici bileşimi arttıkça  $T_g$  değerleri kendi içinde azalmıştır.



**Şekil 5.105.** AYTREM-SYA film örneklerinin camı geçiş sıcaklık değerlerinin  $T_g$  (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

Şekil 5.105'e göre AYMAS-SYA boya filmi örneklerinde  $T_g$  değerleri DSC ve DMA yöntemlerinde birbirine yakın tespit edilmiştir. Reaktif seyreltici bileşimi arttıkça  $T_g$  değerleri azalmıştır.



**Şekil 5.106.** AYTAEA-SYA film örneklerinin camı geçiş sıcaklık değerlerinin T<sub>g</sub> (°C) DSC ve DMA yöntemine göre karşılaştırılması

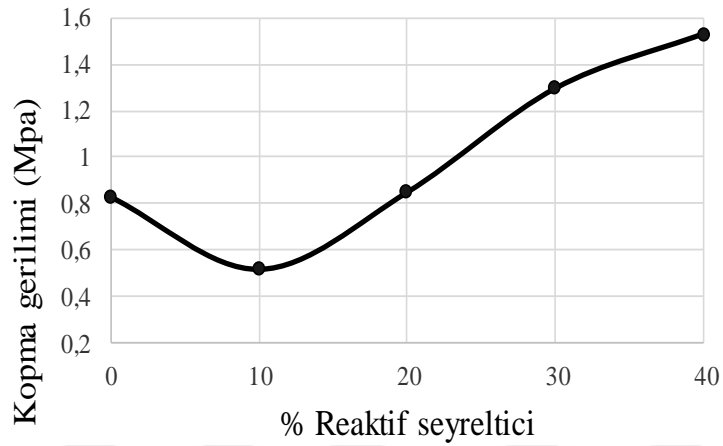
Şekil 5.106'ya göre AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinde T<sub>g</sub> değerleri DSC ve DMA yöntemlerinde birbirine yakın tespit edilmiştir. Reaktif seyreltici bileşimi arttıkça T<sub>g</sub> değerleri azalmıştır.

### 5.3.5. Reaktif seyreltici boya filmi örneklerinin malzeme test cihazı ile yöntemi ile mekanik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya film örneklerinin kopma gerilimi, uzama ve elastisite modülü gibi mekanik özellikleri malzeme test cihazı ile belirlenmiştir.

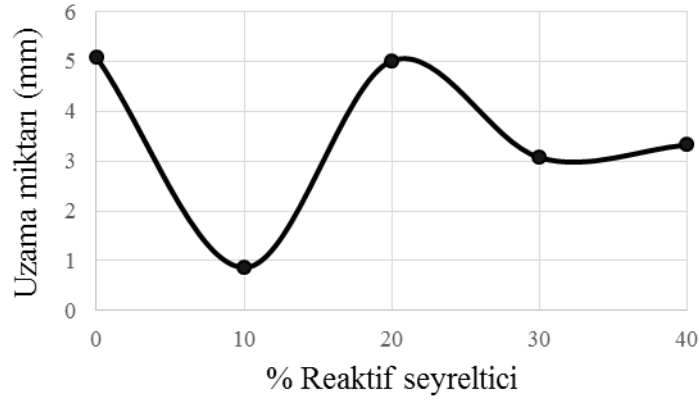
### 5.3.5.1. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile yöntemi ile mekanik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile kopma gerilimi, uzama miktarı ve elastisite modülü belirlenerek Şekil 5.107, Şekil 5.108 ve Şekil 5.109'da gösterilmiştir.



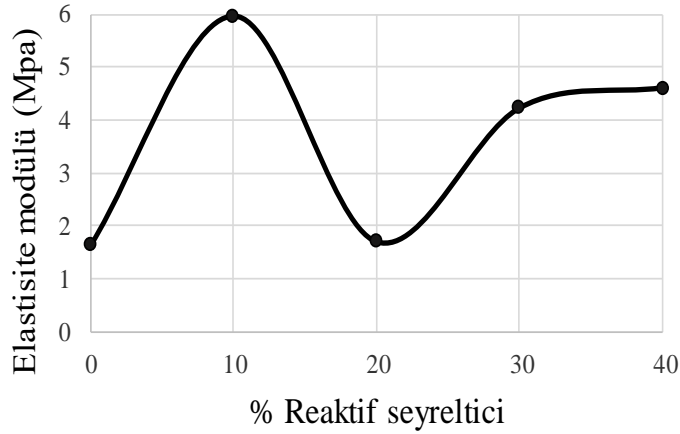
**Şekil 5.19.** AYMAS-SYA, film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin değişimi

Şekil 5.107'de görüldüğü gibi kopma gerilimi %10 reaktif seyreltici AYMAS10-SYA haricince diğer reaktif seyreltici boya filmi örneklerinde reaktif seyreltici bileşiminin artmasıyla artmıştır.



**Şekil 5.20.** AYMAS-SYA film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi

Şekil 5.108’de gösterildiği gibi AYMAS-SYA’lı film örneklerinin uzama miktarı SYA reaktif seyrelticili boya filmi örneklerine göre azalmıştır. En az uzayan boya filmi örneği AYMAS10-SYA olarak tespit edilmiştir.

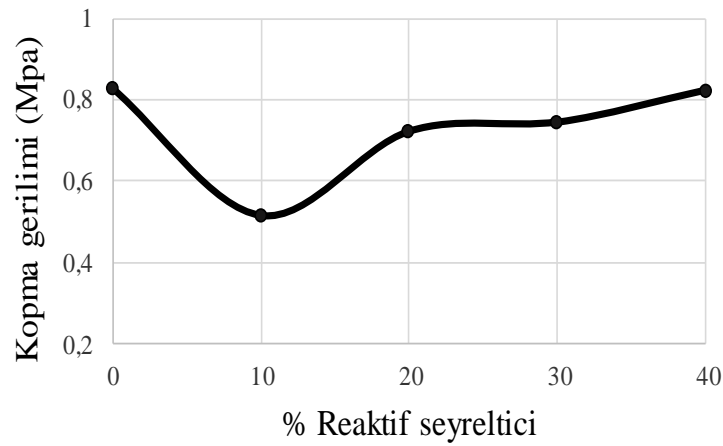


**Şekil 5.109.** AYMAS-SYA film örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi

Şekil 5.109’da gösterildiği gibi AYMAS-SYA’lı elastisite modülü SYA reaktif seyrelticili boya filmi örneklerine göre artmıştır. En fazla artış boya filmi örneği AYMAS10-SYA’da tespit edilmiştir.

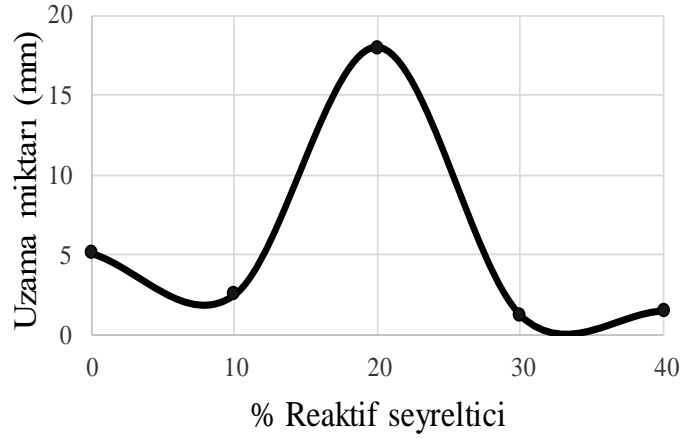
### 5.3.5.2. AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile yöntemi ile mekanik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile kopma gerilimi, uzama miktarı ve elastisite modülü belirlenerek Şekil 5.110, Şekil 5.111 ve Şekil 5.112'de gösterilmiştir.



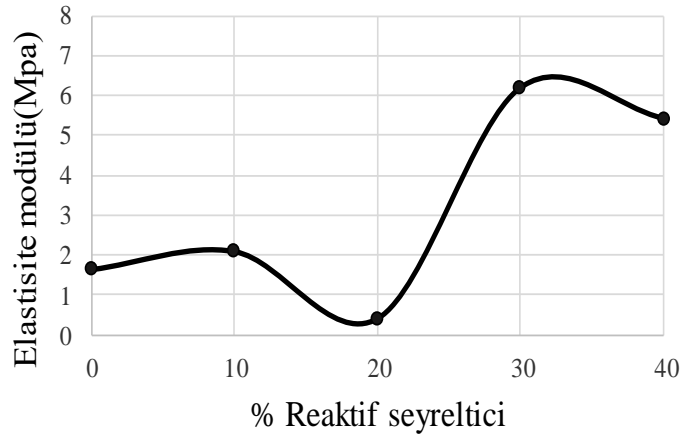
**Şekil 5.110.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi

Şekil 5.110'da görüldüğü gibi kopma gerilimi AYTfEM-SYA'lı film örneklerinin kopma gerilimi SYA reaktif seyrelticili boya filmi örneklerine göre azalmıştır. En az kopma gerilimine sahip boya filmi örneği AYTfEM10-SYA olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 5.111.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi

Şekil 5.111'de gösterildiği gibi AYTfEM-SYA'lı film örneklerinin uzama miktarı %10 ve %30, %40 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinde azalmıştır. %20 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinde artmıştır.

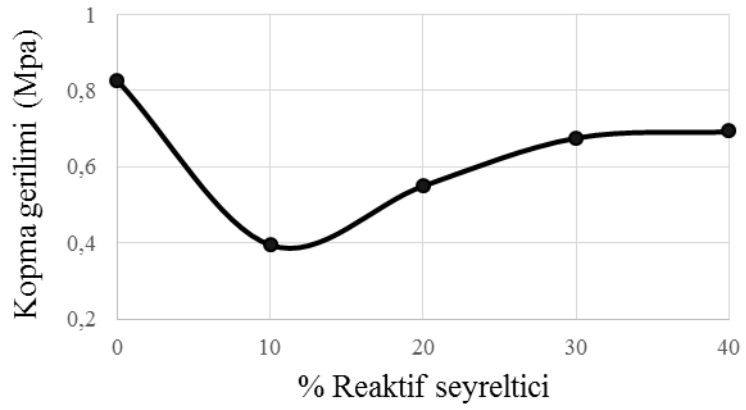


**Şekil 5.112.** AYTfEM-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi

Şekil 5.112'de görüldüğü gibi AYTfEM-SYA'lı boya filmi örneklerinde %10 reaktif seyreltici bileşiminde fazla bir değişiklik görülmemiştir. %20 reaktif seyreltici bileşiminde elastisite modülü azalmış %30 ve %40 reaktif seyreltici bileşiminde SYA reaktif seyrelticili boya filmi örneklerine göre artmıştır.

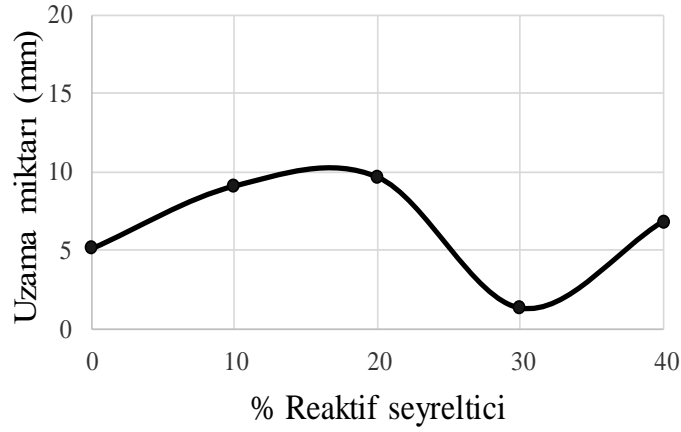
### 5.3.5.3. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile yöntemi ile mekanik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin Universal Malzeme Test Cihazı ile kopma gerilimi, uzama miktarı ve elastisite modülü belirlenerek Şekil 5.113, Şekil 5.114 ve Şekil 5.115'te gösterilmiştir.



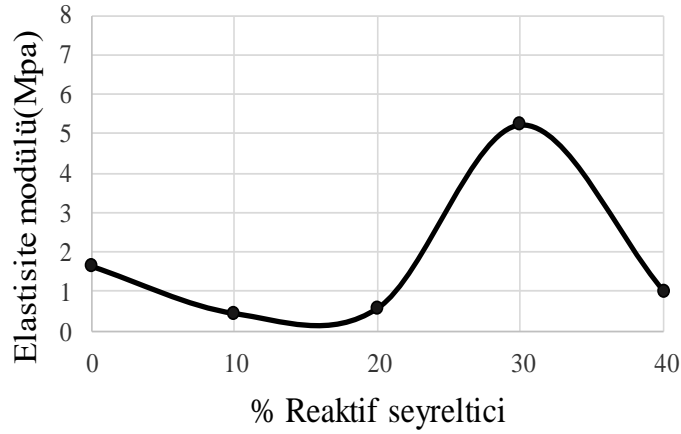
**Şekil 5.113.** AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi

Şekil 5.113'te görüldüğü gibi kopma gerilimi %10 reaktif seyrelticili AYMAS10-SYA haricince diğer reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinde reaktif seyreltici bileşiminin artmasıyla artmıştır.



**Şekil 5.114.** AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi

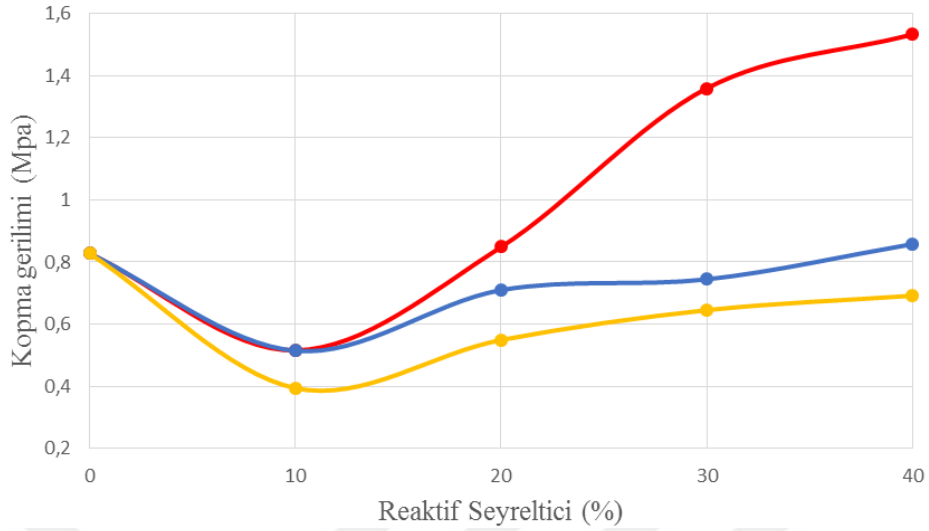
Şekil 5.114'te görüldüğü gibi AYTFEM-SYA'lı film örneklerinin uzama miktarı %10 ve %30, %40 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinde artmıştır. %20 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinde azalmıştır.



**Şekil 5.115.** AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi

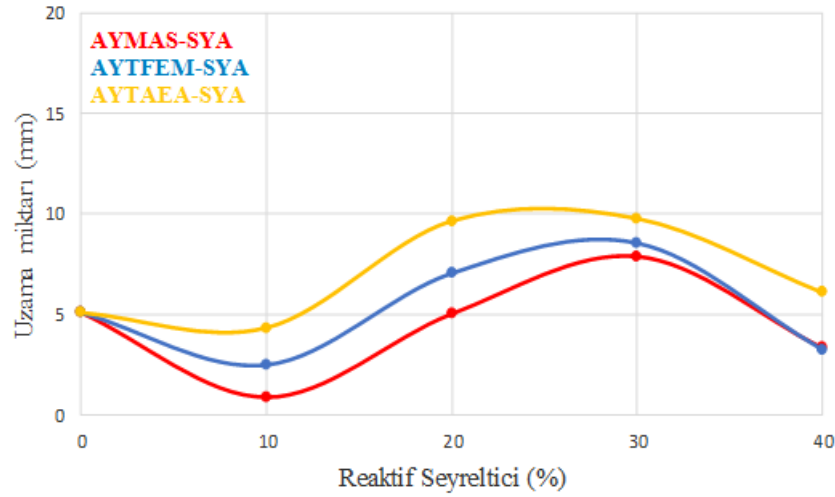
Şekil 5.115'te görüldüğü gibi AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinde %10 ve %20 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır. %30 reaktif seyreltici bileşiminde elastisite modülü artmış olup %30, %40 reaktif seyreltici bileşiminde azalmıştır.





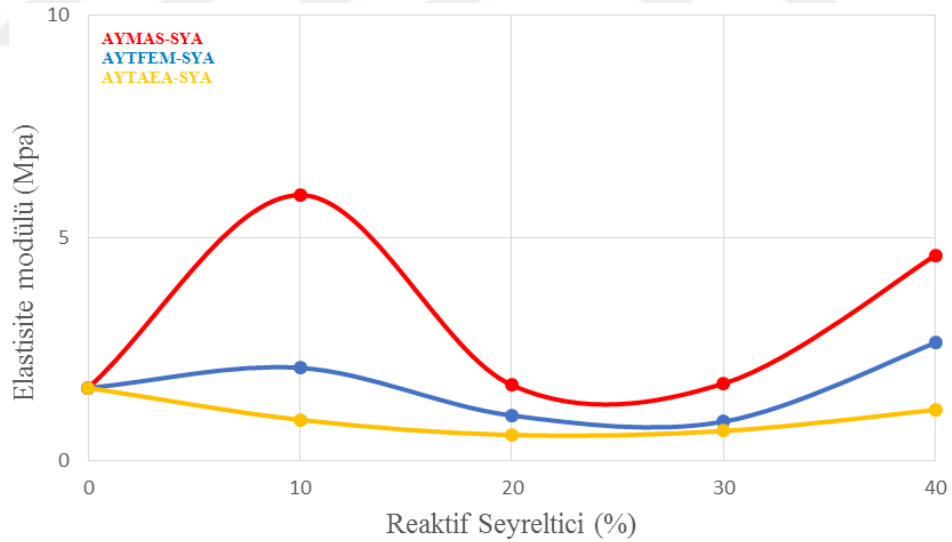
**Şekil 5.116.** AYMAS-SYA, AYTREM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma geriliminin ( $\sigma$ ) değişimi

Kopma geriliminin artması aspir yağı bazlı reaktif seyrelticilerin soya yağı bazlı alkid reçineye belirli oranlarda katılmasıyla çapraz bağ yoğunlunun artması ile açıklanır. Hem poliester hemde yağ asidi karakterine sahip olan soya yağı bazlı alkid, poliester zincirinde katılık özelliği sağlayan tek bileşendir. Aynı zamanda aspir yağı zincirde çok fazla aktif yöreye sahiptir ve molekül ağırlığı düşüktür. Alkidle kıyaslandığında konjuge çift bağ içeren ve kuruyan yağ sınıfındaki aspir yağı bazlı reaktif seyrelticilerde otooksidatif çapraz bağlanma işleminin başladığı varsayılır. Reaktif seyreltici bileşimi %40'a kadar arttığında poliester matrisi güçlendiği için kopma gerilimi de artar. Şekil 5.116'ya göre en fazla kopma gerilimine sahip boya filmi örnekleri AYMAS-SYA olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 5.21.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile kopma anındaki uzama miktarının değişimi

Şekil 5.117'ye göre reaktif seyreltici bileşimi arttıkça boya filmi örneklerinin uzama miktarları da azalmıştır.



**Şekil 5.118.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin reaktif seyreltici bileşimi ile elastisite modülünün değişimi

Şekil 5.118'e göre AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin elastisite modülleri birbirine yakın olarak tespit edilmiştir.

#### 5.4.Reaktif seyreltilici boya örneklerinin viskozitelerinin incelenmesi

Viskozite azalması ile birlikte; kaplamaların daha kısa sürede kuruma, uygulamada kolaylık ve daha az organik çözücü gereksinimi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskoziteleri ölçülerek viskozite azalmaları hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.22, Çizelge 5.23 ve Çizelge 5.24'te gösterilmiştir. Reaktif seyreltilici bileşimine karşı viskozite ve viskozite azalma değerlerinin değişimleri sırasıyla Şekil 5.119 ve Şekil 5.126 arasında gösterilmiştir.

**Çizelge 5.22.** AYMAS-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları

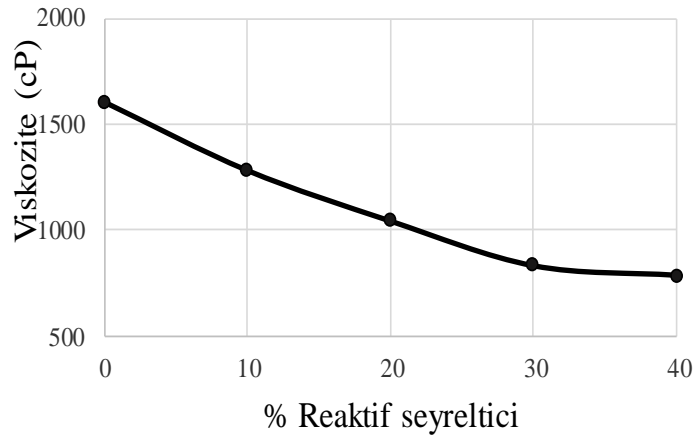
Örnek Kodu	Viskozite (cP)	% Azalma
SYA	1603	0
AYMAS10-SYA	1280	20
AYMAS20-SYA	1041	35
AYMAS30-SYA	830	48
AYMAS40-SYA	785	51

**Çizelge 5.23.** AYTFEM-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları

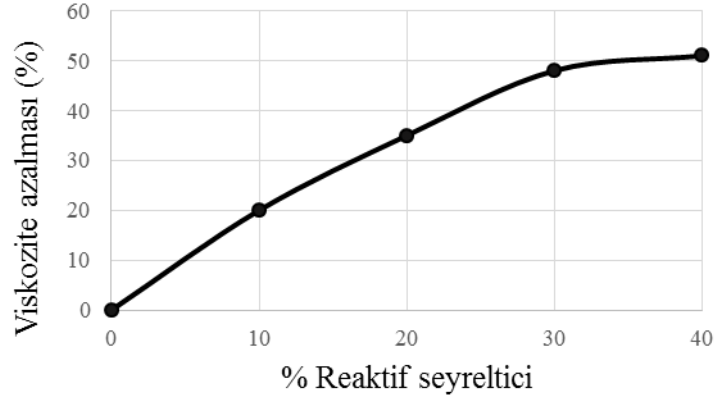
Örnek Kodu	Viskozite (cP)	% Azalma
SYA	1603	0
AYTFEM10-SYA	1100	31
AYTFEM20-SYA	847	47
AYTFEM30-SYA	653	59
AYTFEM40-SYA	609	62

Çizelge 5.24. AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozite sonuçları

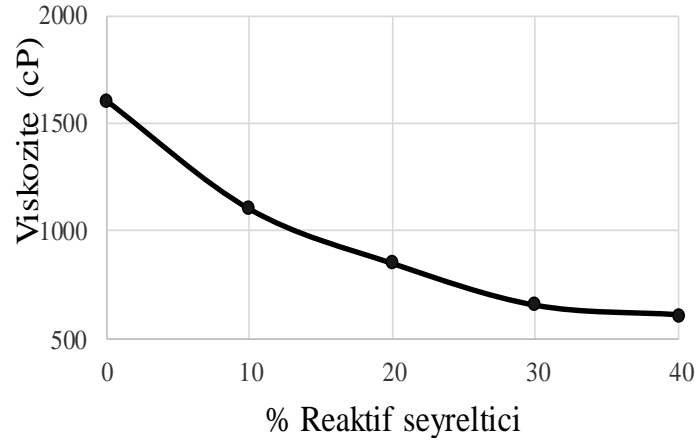
Örnek Kodu	Viskozite (cP)	% Azalma
SYA	1603	0
AYTAEA10-SYA	1013	37
AYTAEA20-SYA	717	55
AYTAEA30-SYA	470	71
AYTAEA40-SYA	400	75



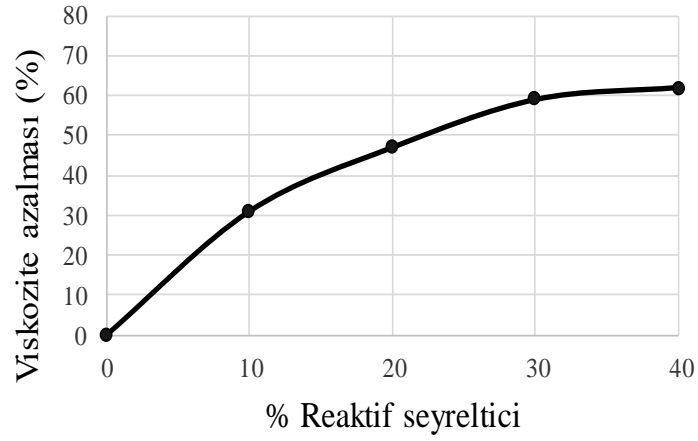
Şekil 5.22. AYMAS-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



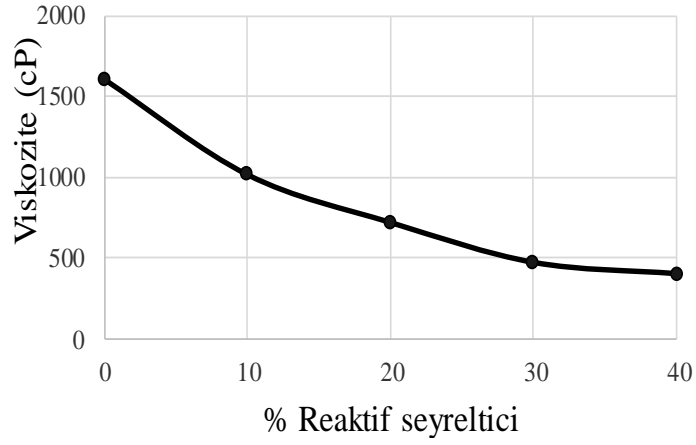
Şekil 5.120. AYMAS-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmasının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



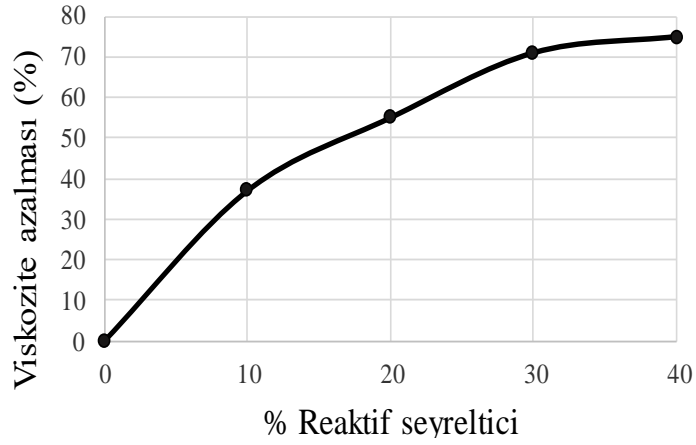
**Şekil 5.121.** AYTfEM-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



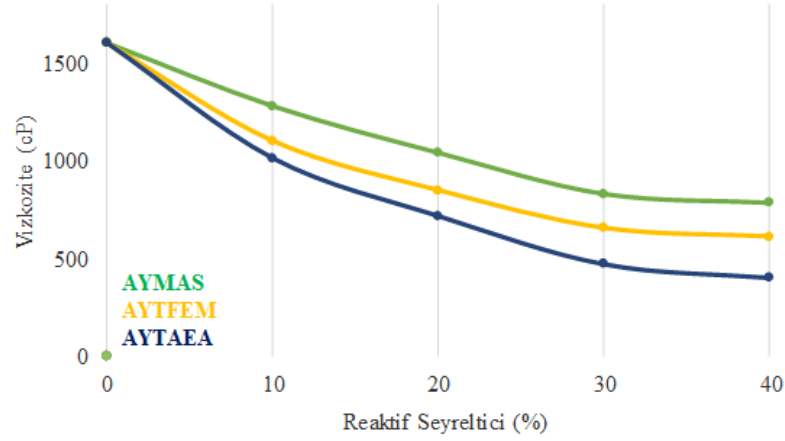
**Şekil 5.23.** AYTfEM-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmalarının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



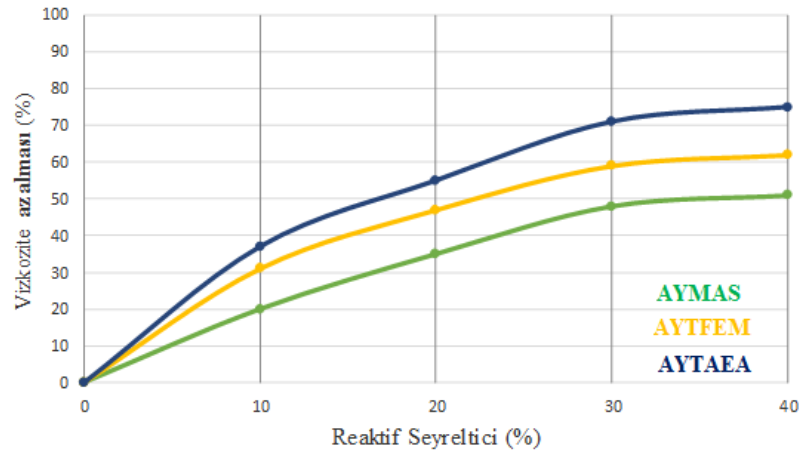
**Şekil 5.123.** AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



**Şekil 5.124.** AYTAEA-SYA boya örneklerinin viskozitelerinin azalmalarının (%) reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



**Şekil 5.125.** AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA boya örneklerinin viskozitelerinin reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi



**Şekil 5.24.** AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA boya örneklerinin viskozite azalmalarının reaktif seyreltici bileşimi ile değişimi

Şekil 5.125 ve Şekil 126'da görüldüğü gibi SYA'lı boya örneklerine reaktif seyreltici eklenmesi ile viskozitenin azaldığı gözlenmiştir. AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA içeren boya örneklerinde maksimum viskozite azalması sırasıyla %51, %62 ve %75'tir. Sonuçlar; viskozite azalmasının reaktif seyreltici oranı ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir.

## 5.5. Reaktif seyreltilmiş boya filmi örneklerinin film özelliklerinin belirlenmesi

### 5.5.1. AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık, kavlama derecesi (yapışma) ve kalem sertliği olmak üzere geleneksel boya filmi testleri yapılarak sonuçlar Çizelge 5.25'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.25.** AYMAS-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Örnek	Kuruma derecesi	Film Kalınlığı (µm)	Parlaklık 20°	Parlaklık 60°	Kavlama derecesi (yapışma)	Kalem sertliği
<b>SYA</b>	7	151,6	101,3	90,3	0	5B
<b>AYMAS10-SYA</b>	5	152,6	103,4	92,6	0	5B
<b>AYMAS20-SYA</b>	6	153,1	108,5	94,1	0	5B
<b>AYMAS30-SYA</b>	5	152,4	107,3	93,2	0	5B
<b>AYMAS40-SYA</b>	5	154,1	106,4	92,1	0	5B

### 5.5.2. AYTREM-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYTREM-SYA'lı boya filmi örneklerinin kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık, kavlama derecesi (yapışma) ve kalem sertliği olmak üzere geleneksel boya filmi testleri yapılarak sonuçlar Çizelge 5.26'da gösterilmiştir



**Çizelge 5.26.** AYTFEM-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Örnek	Kuruma derecesi	Film Kalınlığı (µm)	Parlaklık 20°	Parlaklık 60°	Kavlama derecesi (yapışma)	Kalem sertliği
SYA	7	151,6	101,3	90,3	0	5B
AYTFEM10-SYA	6	152,4	107,2	97,6	0	6B
AYTFEM20-SYA	6	158,7	109,1	99,3	0	6B
AYTFEM30-SYA	6	160,2	105,1	95,2	0	6B
AYTFEM40-SYA	5	157,9	103,2	93,5	0	6B

### 5.5.3. AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada AYTAEA-SYA'lı boya filmi örneklerinin kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık, kavlama derecesi ve kalem sertliği olmak üzere geleneksel boya filmi testleri yapılarak sonuçlar Çizelge 5.27'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.27.** AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin film özelliklerinin incelenmesi

Örnek	Kuruma derecesi	Film Kalınlığı (µm)	Parlaklık 20°	Parlaklık 60°	Kavlama derecesi (yapışma)	Kalem sertliği
SYA	7	156,5	101,3	90,3	0	5B
AYTAEA10-SYA	7	156,9	110,3	101,1	0	4B
AYTAEA20-SYA	7	157,7	110,2	100,3	0	4B
AYTAEA30-SYA	6	161,1	102,4	91,8	0	4B
AYTAEA40-SYA	6	156,5	101,3	90,7	0	4B

Kuruma alkid reçine içine eklenen tohum yağı ve viskozite azalması ile doğrudan ilgilidir. Bu çalışmada SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya film örneklerinin kuruma dereceleri belirlenerek sonuçlar Çizelge 5.27'de gösterilmiştir. Boya filmi örneklerinin kuruma dereceleri, film kalınlıkları, parlaklık sonuçları, kavlama dereceleri (yapışma) ve kalem sertliği sonuçları sırasıyla Çizelge 5.28, Çizelge 5.29, Çizelge 5.30 Çizelge 5.31 ve Çizelge 5.32'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.28. Boya filmi örneklerinin kuruma dereceleri

Örnek Kodu / Süre(saat)	0,5	1	4	72
<b>SYA</b>	Ele yapışıyor	2	4	7
<b>AYMAS10-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	5
<b>AYMAS20-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	6
<b>AYMAS30-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	5
<b>AYMAS40-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	5
<b>AYTFEM10-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	6
<b>AYTFEM20-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	2	6
<b>AYTFEM30-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	2	6
<b>AYTFEM40-SYA</b>	Ele yapışıyor	Ele yapışıyor	2	5
<b>AYTAEA10-SYA</b>	Ele yapışıyor	1	2	7
<b>AYTAEA20-SYA</b>	Ele yapışıyor	1	2	7
<b>AYTAEA30-SYA</b>	Ele yapışıyor	1	2	6
<b>AYTAEA40-SYA</b>	Ele yapışıyor	1	2	6

Boyaların tam kuruması içine gerekli süre 72 saattir. Çizelge 5.28’de görüldüğü gibi AYTAEA-SYA film örnekleri 72 saat sonunda 7. Kuruma derecesine ulaşarak en çabuk kuruyan film örnekleri olmuştur. Kuruma derecelerini kısıdan uzuna göre AYTAEA<AYTFEM<AYMAS olarak sıralanabilir. Buna ek olarak reaktif seyreltici bileşiminin artması ile kuruma süresinin geciktiği sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 5.29.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya film örneklerinin kalınlığı

<b>Örnek</b>	<b>Film Kalınlığı (µm)</b>
SYA	151,6
AYMAS10-SYA	152,6
AYMAS20-SYA	153,1
AYMAS30-SYA	152,4
AYMAS40-SYA	154,1
AYTFEM10-SYA	152,4
AYTFEM20-SYA	158,7
AYTFEM30-SYA	160,2
AYTFEM40-SYA	157,9
AYTAEA10-SYA	156,5
AYTAEA20-SYA	156,9
AYTAEA30-SYA	157,7
AYTAEA40-SYA	161,1

Çizelge 5.29’da SYA, AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA film örneklerinin film uygulayıcı (aplikatör) yardımı ile yaklaşık 150 µm olarak homojen bir şekilde alüminyum plakalar üzerine uygulanmıştır. Kür ve kurutma işleminden sonra plakalar üzerindeki ölçülen film kalınlıkları 150-160 µm arasında ölçülmüştür.

**Çizelge 5.30.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA boya filmi örneklerinin parlaklık kontrolü

Örnek	20°	60°
SYA	101,3	90,3
AYMAS10-SYA	103,4	92,6
AYMAS20-SYA	108,5	94,1
AYMAS30-SYA	107,3	93,2
AYMAS40-SYA	106,4	92,1
AYTFEM10-SYA	107,2	97,6
AYTFEM20-SYA	109,1	99,3
AYTFEM30-SYA	105,1	95,2
AYTFEM40-SYA	103,2	93,5
AYTAEA10-SYA	110,3	101,1
AYTAEA20-SYA	110,2	100,3
AYTAEA30-SYA	102,4	91,8
AYTAEA40-SYA	101,3	90,7

Çizelge 5.30'a göre SYA örneğine AYMAS, AYTFEM ve AYTAEA eklenmesinin film örneklerinin parlaklığı konusunda önemli bir değişiklik oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Çizelge 5.31.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA film örneklerinin kavlama dereceleri (yapışma)

<b>Örnek</b>	<b>Kavlama derecesi (yapışma)</b>
SYA	0
AYMAS10-SYA	0
AYMAS20-SYA	0
AYMAS30-SYA	0
AYMAS40-SYA	0
AYTFEM10-SYA	0
AYTFEM20-SYA	0
AYTFEM30-SYA	0
AYTFEM40-SYA	0
AYTAEA10-SYA	0
AYTAEA20-SYA	0
AYTAEA30-SYA	0
AYTAEA40-SYA	0

Yapışma örneğın uygulandığı yüzeyle kimyasal ve/veya fiziksel kuvvetler vasıtasıyla bir arada tutunmasıdır. Kavlama ve yapışma boya ların ömrünün ve dayanımının belirlenmesinin ölçütüdür. Çizelge 5.31’de görüldüğü gibi film örneklerinin hepsi mükemmel yapışma (0) göstermiştir.

**Çizelge 5.32.** AYMAS-SYA, AYTFEM-SYA ve AYTAEA-SYA film örneklerinin kalem sertliği sonuçları

<b>Örnek</b>	<b>Kalem Sertliği</b>
SYA	5B
AYMAS10-SYA	5B
AYMAS20-SYA	5B
AYMAS30-SYA	5B
AYMAS40-SYA	5B
AYTFEM10-SYA	6B
AYTFEM20-SYA	6B
AYTFEM30-SYA	6B
AYTFEM40-SYA	6B
AYTAEA10-SYA	4B
AYTAEA20-SYA	4B
AYTAEA30-SYA	4B
AYTAEA40-SYA	4B

Kalem sertliği yüzeylerin sertliğini belirlemede kullanılan bir ölçüttür. Çizelge 5.32’de görüldüğü gibi boya filmi örneklerine AYTAEA reaktif seyrelticisinin eklenmesi yüzey özellikleri iyileştirilmiştir. AYMAS reaktif seyrelticili filmlerde herhangi bir değişiklik oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bağlayıcılar, çözücü ve seyrelticiler, pigmentler, yardımcı pigmentler, katkı ve dolgu maddeleri, kimyasal ajanlar gibi kimyasallar boya sanayiinde genel olarak bilinen boya bileşenleridir. Seyrelticiler, bağlayıcılar ile birlikte boya içindeki diğer bileşiklerin homojen bir faz oluşturması amacıyla ilave edilen ve uygun viskozite sağlayan sıvı malzemelerdir. Seyrelticilerin eklenmesiyle gerçekleşen viskozite azalması, boyaların daha kolay formüle edilmesi ile birlikte uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Seyrelticiler, boyanın uygulanmasından sonra yüzeyden buharlaşmak suretiyle bağlayıcı ve pigmente zarar vermeden yüzeyi terk ederler ve boyanın iyi yapışmasını ve kavlamasını sağlarlar.

Bu tez çalışması kapsamında farklı türdeki (MAS, TFEM, TAEA) dieonifiller ile aspir yağı Diels-Alder tepkimeleri ile modifiye edilerek üç farklı reaktif seyreltici elde edilmiştir. Elde edilen reaktif seyrelticiler belirli oranlarda (%10, %20, %30 ve %40) soya yağı bazlı alkid reçine içine ıslatıcı ve kurutucu maddeler eşliğinde katılarak boya formülasyonları elde edilmiş, bu formülasyonlar döküm yöntemiyle film haline getirilmiş ve kür edilmiştir. Elde edilen boya filmi örneklerinin ısısal, yapısal, viskoelastik ve mekanik özellikleri incelenerek boya sanayiinde seyreltici olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen boya örneklerinin viskozite değerleri ölçülmüştür. Daha sonra boya filmlerinin kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık, kavlama derecesi (yapışma) gibi geleneksel boya testleri yapılmıştır.

Boya filmi örneklerinin hem havadaki hem de azot ortamındaki ısısal özellikleri TGA ile incelenmiştir. TGA eğrilerine Freeman-Carroll ve Friedman yöntemleri uygulanarak azot ve hava ortamlarında aktifleşme enerjileri ( $E_A$ ) ve regresyon ( $R^2$ ) katsayıları belirlenmiştir. Buna ek olarak Freeman-Carroll yöntemine göre tepkime derecesi ( $n$ ) belirlenmiştir. Bir tepkimenin aktifleşme enerjisi değeri, tepkimenin oluşması için gereken eşik enerjisini göstermektedir. Her ısısal bozunma tepkimesinin kendine özgü bir aktifleşme enerjisi değeri vardır ve bu değer ısısal bozunmaya uğrayan maddenin ısısal kararlılığının bir ölçüsüdür.

Düşük aktifleşme enerjisi ısısal kararlılığın az olduğunu göstergesidir. Azot ortamında Freeman-Carroll ve Friedman yöntemine göre en düşük aktifleşme enerjisi değerleri AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinde gözlemlenmiştir. Azot ortamında reaktif seyreltici içermeyen SYA örneğinin aktifleşme enerjisi değeri Freeman-Carroll yöntemine göre 98,038 kJ/mol, Friedman yöntemine göre 93,399 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinde reaktif seyreltici bileşimi %10, %20, %30 arttıkça aktifleşme enerjilerinin arttığı görülmüştür. %40 AYMAS reaktif seyrelticili filmi örneklerinin aktifleşme enerjisi azalmıştır. Azot ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre %10, %20, %30 ve %40 AYMAS reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin aktifleşme enerjilerinin sırasıyla 65,497 kJ/mol, 76,869 kJ/mol, 90,032 kJ/mol ve 87,396 kJ/mol olduğu görülmektedir. Azot ortamında Friedman yöntemine göre %10, %20, %30 ve %40 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin aktifleşme enerjilerinin sırasıyla 62,787 kJ/mol, 65,485 kJ/mol, 81,234 kJ/mol ve 93,456 kJ/mol olduğu görülmektedir. Azot ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre en düşük aktifleşme enerjisi değeri %10 reaktif seyreltici içeren AYMAS10-SYA'lı boya filmi örnekleri için hesaplanmıştır. Hava ortamında Freeman-Carroll ve Friedman yöntemine göre en düşük aktifleşme enerjisi değerleri AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinde gözlemlenmiştir. Hava ortamında reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı boya filmi örneğinin aktifleşme enerjisi değeri Freeman-Carroll yöntemine göre 101,497 kJ/mol, Friedman yöntemine göre 92,069 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinde reaktif seyreltici bileşimi arttıkça aktifleşme enerjilerinin arttığı görülmüştür. Hava ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre %10, %20, %30 ve %40 AYMAS reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin aktifleşme enerjilerinin sırasıyla 77,145 kJ/mol, 95,428 kJ/mol, 109,229 kJ/mol ve 111,515 kJ/mol olduğu görülmektedir. Hava ortamında Friedman yöntemine göre %10, %20, %30 ve %40 reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin aktifleşme enerjilerinin sırasıyla 67,002 kJ/mol, 80,446 kJ/mol, 95,403 kJ/mol ve 96,658 kJ/mol olduğu görülmektedir.



Hava ortamında Freeman-Carroll yöntemine göre en düşük aktifleşme enerjisi değeri %10 reaktif seyreltici içeren AYMAS10-SYA'lı boya filmi örnekleri için hesaplanmıştır. Boya filmi örneklerinin yapısal özellikleri SEM ile incelenmiştir. Fakat sonuç alınamamıştır.

Boya filmi örneklerinin viskoelastik özellikleri DMA yöntemi ile incelenmiştir. DMA yönteminde çapraz bağ yoğunluğu ( $v_e$ ) ve camsı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) tespit edilmiştir. Reaktif seyreltici içermeyen SYA örneğinin çapraz bağ yoğunluğu  $190,2 \text{ mol/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Çapraz bağ yoğunluğunun en fazla olan reaktif seyrelticili boya örneklerinin AYMAS-SYA'lı boya filmi örnekleri olduğu görülmüştür. AYMAS reaktif seyreltici içeren boya filmlerinin çapraz bağ yoğunlukları reaktif seyreltici bileşimi %10'dan %40'a kadar artması ile azalmıştır. Camsı geçiş sıcaklıkları en yüksek olan grubun yine çapraz bağ yoğunluğu ile ilişkili olarak AYMAS-SYA'lı boya filmi örnekleri olduğu görülmüştür. AYMAS reaktif seyreltici içeren boya filmlerinin camsı geçiş sıcaklıkları %10'dan %40'a kadar artması ile azalmıştır. DMA yöntemine ek olarak DSC yöntemiyle camsı geçiş sıcaklıkları belirlenmiş olup, DMA'dan elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir. DSC yöntemine göre de en yüksek camsı geçiş sıcaklıklarının AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinde olduğu görülmüştür. Benzer şekilde AYMAS reaktif seyreltici içeren boya filmlerinin camsı geçiş sıcaklıkları %10'dan %40'a kadar artması ile azalmıştır.

Boya filmi örneklerinin kopma gerilmesi, uzama miktarı ve elastisite modülü gibi mekanik özellikleri Universal malzeme test cihazı ile tayin edilmiştir. En yüksek kopma gerilimine sahip boya filmi örneklerinin AYMAS-SYA'lı boya filmi örnekleri olduğu görülmüştür. Reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı boya filmi örneklerine göre kopma gerilimi %10 reaktif seyreltici içeren AYMAS10-SYA boya filmi örneğinde azalmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici içeren AYMAS20-SYA, AYMAS30-SYA ve AYMAS40-SYA boya filmi örneklerinde artmıştır.

Boya filmi örneklerinde uzama istenmeyen bir parametredir. Uzama miktarının en düşük olduğu boya filmi örneklerinin yine AYMAS-SYA'lı boya filmi örnekleri olduğu görülmüştür. Reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı boya filmi örneklerine göre uzama miktarı %10 reaktif seyreltici içeren AYMAS10-SYA boya filmi örneğinde azalmış %20, %30 ve %40 reaktif seyreltici içeren AYMAS20-SYA boya filmi örneklerinde artmıştır, AYMAS30-SYA ve AYMAS40-SYA boya filmi örneklerinde azalmıştır fakat bu değerler reaktif seyreltici içermeyen SYA örneğindeki uzama miktarını geçmemiştir.

Elastisite modülü boya filmi örneklerinin mekanik dayanımı ile ilişkilidir. Elastisite modülü AYMAS-SYA>AYTFEM-SYA>AYTAEA-SYA olarak sıralanmakla birlikte AYMAS-SYA'lı boya filmi örneklerinin elastisite modülü reaktif seyreltici içermeyen SYA örneğinin elastisite modülü değerinden fazladır. Reaktif seyreltici içermeyen SYA örneğine göre elastisite modülü %10 ve %20 reaktif seyreltici içeren boya filmi örneklerinde artmış, %30 ve %40 reaktif seyreltici içeren boya filmi örneklerinde azalmıştır.

Elde edilen boya örneklerinin viskozite değerleri incelendiğinde, en fazladan en aza doğru viskozite azalması AYTAEA-SYA>AYTFEM-SYA>AYMAS-SYA'lı boya örneklerinde olduğu görülmüştür. Viskozite azalmasının reaktif seyreltici bileşimi ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. Viskozite azalması ile birlikte reaktif seyrelticilerin boya bileşimleri içine seyreltici olarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Boya filmi örneklerinin kuruma derecesi, film kalınlığı, parlaklık ve kavlama derecesi (yapışma) tayinleri yapılmıştır. Sonuçta en hızlı kuruyan boya filmi örneklerinin AYTAEA-SYA'lı film örnekleri olduğu görülmüştür. Reaktif seyreltici bileşimi arttıkça boya filmi örneklerinin kuruma süreleri de artmıştır. Fakat AYMAS, AYTFEM, AYTAEA reaktif seyreltici içeren boya filmi örneklerinin kuruma süreleri reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı boya filmi örneklerine göre daha uzundur. AYMAS, AYTFEM, AYTAEA reaktif seyrelticili boya filmi örneklerinin parlaklık değerlerinin reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı film örneklerine çok yakın olduğu görülmüştür. Reaktif seyreltici bileşiminin değişmesi parlaklık değerlerinde önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir.

AYMAS, AYTFEM, AYTAEA reaktif seyrelticili boya filmi örnekleri mükemmel yapışma özelliği göstermiştir. Reaktif seyreltici bileşiminin değişmesi kavlama derecesinde (yapışma) önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir. Kalem sertliği değerleri ise yumuşaktan serte doğru AYTFEM-SYA>AYMAS-SYA>AYTAEA-SYA olarak sıralanmıştır. Reaktif seyreltici içermeyen SYA'lı boya filmi örneklerine en yakın kalem sertlik değerleri AYMAS-SYA'lı film örneklerinde görülmüştür. Reaktif seyreltici bileşiminin değişmesi kalem sertliği değerlerinde önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir.

Bu çalışmada sonuç olarak AYMAS reaktif seyrelticisinin boyalarda seyreltici olarak kullanılabilen en uygun reaktif seyrelticili boya filmi örnekleri olduğu kanaatine varılmıştır. Reaktif seyreltici bileşimi incelendiğinde; TGA, DMA, DSC, Universal malzeme test cihazından elde edilen aktifleşme enerjileri, çapraz bağ yoğunlukları, camsı geçiş sıcaklıkları, kopma gerilimi, uzama miktarları, elastisite modülü, viskozite, viskozite azalması, kuruma derecesi, parlaklık, kavlama derecesi (yapışma), kalem sertliği gibi film özellikleri incelendiğinde %10 reaktif seyreltici içeren AYMAS10-SYA boya filmi örneklerinin diğer reaktif seyreltici bileşimine göre en uygun oran olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile boyalarda tohum yağı bazlı reaktif seyrelticilerin kullanılması ile mevcutta seyreltici olarak kullanılan organik kimyasalların miktarının azalması ile çevreye ve insan sağlığına zararlı etkilerin azaltılması beklenmektedir.

Son olarak bu çalışmada farklı reaktif seyrelticilerin %10, %20, %30 ve %40 oranlarındaki bileşimlerinin etkisi incelenmiş olup %10 gibi düşük reaktif seyreltici bileşiminde verimli sonuçların alınması daha fazla reaktif seyreltici kullanımının önüne geçerek ekonomik bir ürün elde edilmiştir.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı : UĞUZ, Gediz  
Uyruğu : T.C.  
Doğum yeri ve tarihi : Havza/Samsun-27.08.1988  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 05065877707  
E-posta : gediz.uguz@omu.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2015
Lisans	Hitit Üniversitesi	2011
Lise	Cumhuriyet Lisesi (Y.D.A.)	2010

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2014	Timay & Tempo (Amasya)	Kimya Mühendisi
2014-2019	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

YÖKDİL Puanı: 76.25

## Yayınlar

1. Al-Samaraae, R.,R., Atabani, A.E., Uguz, G., Kumar, G., Arpa, O., Ayanoglu, A., Mohammed, M.N., Farouk, H., Perspective of safflower (*Carthamus tinctorius*) as a potential bioiesel feedstock in Turkey: characterization, engine performance and emissions analyses of butanol-biodiesel-diesel blends, *Biofuels*, 2017. (SCI-E).
2. Mohammed, M.N., Atabani, A.E., Uguz, G., Lay, C.,H., Kumar, G., Al-Samaraae, R.,R., Characterization of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Biodiesel Blends with Euro Diesel, Butanol and Diethyl Ether Using FT-IR, UV-Vis, TGA and DSC Techniques, *Waste and Biomass Valorization*, 2018. (SCI-E).
3. Atabani A.E., Mekaoussi, M., Uguz, G., Arpa,O., Ayanoglu, A., Shobana, S., Evaluation, characterization, and engine performance of complementary fuel blends of butanol-biodiesel-diesel from *Aleurites moluccanus* as potential alternative fuels for CI engines, *Energy & Environment*, 2018. (SSCI).
4. Atabani, A.E., Shobana, S., Mohammed, M.,N., Uguz, G., Kumar, G, Arvindnarayanan, S., Aslam, M., AIMuhasteb, H., Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT-IR, TGA, DSC and NMR characterizations, *Fuel*, 2019. (SCI).
5. Tüzün, F. N, Kocdemir, E., Uguz, G., Comparison of Gas Permeability and Selectivity Between Alumina Membrane and Vycor Glass at High Temperatures. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 2012.

## KAYNAKLAR

- Aigbodion, A. I., Okieimen, F. E. 2001. An investigation of the utilisation of African locustbean seed oil in the preparation of alkyd resins. *Industrial Crops and Products*, 13 (1), 29-34.
- Akintayo, C.O., Adebowale, K.O. 2004. Synthesis and characterization of acrylated Albizia benthmedium oil alkyds. *Progress in Organic Coatings*, 50 (4), 207-212.
- Anonim, 2016. Armat Mühendislik, Boya nedir? Erişim adresi: [http://www.armatmuhendislik.com/mantolma\\_boya/boya/BOYA\\_NEDİR?.pdf](http://www.armatmuhendislik.com/mantolma_boya/boya/BOYA_NEDİR?.pdf).(19.01.2018).
- Anonim, 2012a. İstanbul Kimyevi Maddeler ve Mamulleri İhracatçıları Birliği Boya Sektörü Raporu, Boyatürk Dergisi, İstanbul.
- Anonim, 2012b. T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2012, Boya Üretimi, Rehber Doküman, Ankara, 2 s.
- Anonim, 2011. Dünya ve Türkiye’de Kimya Sektörü, Kriz Sonrası Yapısal ve Güncel Eğilimler, Petrol-İş Sendikası Araştırma Servisi Raporu, Ankara, 37 s.
- Anonim, 2008. Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi, Yağlar ve Yağ Analizleri, Ankara, 64 s.
- Aydın, E. 2012. Bazı Aspir (*Carthamus Tinctorius L.*) Çeşitlerinin Samsun Ekolojik Koşullarında Verim, Verim Unsurları ve Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Bekircan, E. A. 2007. Su Bazlı Boyalarda Süreç Koşullarının Dağılım Kalitesine ve Boya Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Bora, M.M., Gogoi, P., Deka, D.C., Kakati, D.K. 2014. Synthesis and characterization of yellow oleander (*Thevetia peruviana*) seed oil-based alkyd resin. *Industrial Crops and Products*, 52, 721-728.
- Boruah, M., Gogoi, P., Adhikari, B., Dolui, S. K. 2012. Preparation and characterization of *Jatropha Curcas* oil based alkyd resin suitable for surface coating. *Progress in Organic Coatings*, 74(3), 596-602.

- Camcıoğlu, Ş. 2010. Su bazlı boya üretim tesislerinin atıksularının arıtılmasında genelleştirilmiş minimum değişmeli (GMV) algoritma ile Ph kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertaş, K. 2004. Atık PET' in Glikolizi ile Elde Edilen Oligomerlerin Alkid Reçinesi Üretiminde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eryılmaz, T., Cesur, C., Yesilyurt, M. K., Aydın, E. 2014. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Remzibey-05 Tohum Yağı Metil Esteri: Potansiyel Dizel Motor Uygulamaları için Yakıt Özellikleri, *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 85-90.
- Ezeh, I. E., Umeron, S., Essien, E. E., Udoh, A. P., 2012. Studies on the utilization of *Hura crepitans* L. seed oil in the preparation of alkyd resins. *Industrial Crops and Products*, 36 (1), 94-99.
- Furtana, Z., 2006. Silikon Esaslı Dış Cephe Boyalarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gündüz, G. 2007. Boya Bilgisi, Kimya Mühendisleri Odası, Ankara, 149-173.
- Ikhuoria, E.U., Aireguamen, F., Aigbodion, I., Okieimen, F. E. 2004. Enhancing the quality of alkyd resins using methyl esters of rubber seed oil. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 3(1), 311-317.
- Issam, A.M., Cheun ,C.Y., 2009. A Study of the Effect of Palm Oil on the Properties of a New Alkyd Resin. *Malaysian Polymer Journal* 4 (1), 42-49.
- İyim, T. B. 1996. Polietilen Tereftalat Atıkların veya Ara Ürünlerin Fenolik Reçinelerde ya da Poliüretanlarda Kullanımı, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jones, F.N. 1996. Toward solventless liquid coatings, *Journal of Coatings Technology*, 68(852), 25-36.
- Kahraman, V., M., Oktay B., Baştürk, E., Çağlar,D. 2014. Preparation and evaluation of linseed oil based alkyd paints. *Progress in Organic Coatings*, 77 (1), 81-86.
- Kienle, R.H. 1929. Alkyd Resins as film-forming materials, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21 (4), 349-352.
- Kienle, R.H. 1949. Alkyd Resins, Development of and Contribution to Polymer theory. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 49,726-729.

- König, A., Herrwert, S., Siemens M., 2014, Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Kaplamalar için Silikon Reçineler, Boyatürk Dergisi, İstanbul.
- Kumar, M. N. S., Yaakob, Z., Maimunah, S., Siddaramaiah, Abdullah, S.R.S. 2010. Synthesis of alkyd resin from non-edible Jatropha seed oil. *Journal of Polymer and the Environment*, 18(4), 539-544.
- Küçükoğlu, E. 2005. Silikon modifiye akrilik reçinelerin elde edilmesi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Li, D., Mündel, H.H. 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 83 p.
- Mallegol, J., Gonon, L., Commereuc, S., Verney, V. 2001. Thermal (DSC) and chemical (iodometric titration ) methods for peroxides measurements in order to monitor drying extend of lkyd reins. *Progress in Organic Coatings*, 41 (1-3) 171-176.
- Martyak, N.M., Alford, R., Picker, D., Dowling, C. 2005. Controlled oxidative curing of tung oil. *Journal of Coatings Technology:Coatings Technology*, 2(16), 36-41.
- Matharage, S., Fernando, M., Bandara M.A.A.P., Jayantha., G. A., Kalpage, S. 2013. Performance of coconut oil as an alternative transformer liquid insulation. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 20(3), 887-898.
- Mattos, O.,R., Araujo, W., S., Margarit, I.,C.,P., Fragata, F., L., Lima, N.,P.,D. 2010. Corrosion aspects of alkyd paints modified with linseed and soy oils. *Electrochimica Acta*, 55 (21), 6204-6211.
- Metcalf, D. S., Elkins, D.M. 1980. Crop production principles and practises. MacMillan Publication Company. Incorporated, New York.
- Mukhtar, A., Ullah, H., Mukhtar, H. 2007. Fatty Acid Composition of Tobacco Seed Oil and Synthesis of Alkyd Resin. *Chinese Journal of Chemistry*, 25 (5), 705-708.
- Muizebelt, W. J., Donkerbroek, J., Nielen M. W. F., Hussem, J. B., Biemond, M. E. F., Klaasen., P. R., Zabel, K. H. 1998. Oxidative crosslinking of alkyd resins studied with mass spectrometry and NMR using model compounds. *Journal of Coatings Technology*, 70(876), 83-93.
- Nimbalkar, R.V., Athawale, V. D., 2010. Synthesis and characterization of Canola oil alkyd resins based on Novel Acrylic Monomer (ATBS). *Journal of American Oil Chemists' Society*, 87 (8), 947-954.



- Odetoeye, T. E., Ogunniyi, D. S., Olatunji, G. A. 2012. Improving *Jatropha curcas* Linneaus seed oil alkyd resins. *Progress in Organic Coatings*, 73(4), 374-381.
- Ogunniyi, D.S., Odetoeye, T.E. 2008. Preparation and evaluation of tobacco seed oil-modified alkyd resins. *Bioresource Technology*, 99 (5), 1300-1304.
- Okieimen, F.E., Aigbodion, A.I. 1997. Studies in molecular weight determination of rubber seed oil alkyds. *Industrial Crops and Products*, 6(2), 155-161.
- Öner, M. 2014. Pigment dispersiyonunda blok kopolimerlerin kullanımı, *Boyatürk Dergisi*, İstanbul.
- Öztürk, M.,O., 2014. Esansiyel yağ asitlerinin insan metabolizması ve beslenmesi üzerine etkileri, *Kocatepe veteriner dergisi*, 7(2), 37-40.
- Paksoy, A. S. 1999. *Boya El Kitabı*, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Patel, V. C., Varughese, J., Krishnamoorthy, P. A., Jain, R. C., Singh, A. K., Ramamoorthy, M. 2008. Synthesis of alkyd resin from jatropha and rapeseed oils and their applications in electrical insulation. *Journal of Applied Polymer Science*, 107(3), 1724-1729.
- Pratap, A.P., Chiplunkar P.,P. 2016. Utilization of sunflower acid oil for synthesis of alkyd resin. *Progress in Organic Coatings*, 93(2016), 61-67.
- Püskülcü, H., İkiz, F. 1989. Değişkenler Arasındaki İlişkiler Regresyon ve Kolerasyon, II. İstatistiğe Giriş, 4. Baskı. Bilgehan Basımevi, İzmir-Bornova.
- Sar, Y.S. 2008. Bazı 1,4-dipolar siklo katılma reaksiyonlarının teorik yöntemlerle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Soucek, M.D., Ren, X. 2015. UV-Curable Coating Technologies. *Photocured Materials*, Royal Society of Chemistry, London, 15-48.
- Soucek, M.D., Ren, X., 2014. Soya-Based Coatings and Adhesives. *Soy-Based chemicals and materials*, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Akron, Ohio, 1178 (10), 207-254.
- Soucek, M.D., Wutticharoenwong, K., Dziczkowski, J. 2012. Tung based reactive diluents for alkyd systems: Film properties. *Progress in Organic Coatings*, 73 (4), 283-290.
- Soucek, M.D., Wutticharoenwong, K. 2009. Synthesis and characterization of acrylate modified tung oil. M.S Thesis, University of Akron, America.

- Soucek, M.D., Wutticharoenwong, K. 2011. Synthesis of tung oil based reactive diluents. *Macromolecular Materials and Engineering*, 295 (12), 1097-1106.
- Swaraj, P., 1996. *Surface Coatings Science and Technology*, John Wiley and Sons, New York.
- Şakir, Ş., Başalma, D. 2005. The effect of sowing time on yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars and lines. VI. International Safflower Conference. (6-10 June), Istanbul, Turkey, 147-153.
- Teng, G., Soucek, M., D., Vick, B., A., Simonsick, W., J., Sen, A. 2003. Spectroscopic investigation of the blowing process of soyabean oil. *Surface Coating International Part B, Coating Transactions*, 86 (B3)221-223.
- Ulengin, F., Ekici Önsel, Ş., Çekyay, B., Özaydın, Ö., Kabak, Ö., 2012. Kimya Sanayisi Rekabet Gücü Raporu, TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu ve Sektörel Dernekler Federasyonu, İstanbul.
- Wicks, Z. J., Jones, F., Pappas, S.P. 1999. *Organic Coatings Science and Technology*, John Wiley and Sons, New York, 630 p.
- Yalçınkaya, Z., 2017. Bazı pirimidin halkalı süstitüe salisilaldehit schiff bazlı komplekslerinin termokimyasal kinetiklerinin araştırılması. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 39-47.
- Yürekli, Ş., 1995. *Reçine ve Boya Teknolojisi*, Cilt I, İstanbul, 975.